

Capítulo

6

Multimídia, Web semântica e engenharia de documentos aplicados à Computação Ubíqua

Maria da Graça Campos Pimentel e Rudinei Goularte

Abstract

An application is considered ubiquitous when used in a conventional environment such as a home or a hospital, in opposition of a desktop platform, and its use is transparent for the user. This paper discusses themes related to ubiquitous computing research in terms of application domains which make use of concepts such as natural interfaces, automatic capture and access of information, and context awareness. A literature review is presented in terms of opportunities of research in the multimedia, hypermedia and human-computer interaction areas.

Resumo

Uma aplicação é considerada uma aplicação ubíqua quando é utilizada de modo transparente pelo usuário por estar embutida (onipresentemente) no ambiente. Neste texto, aspectos de ubiquidade são discutidos considerando aplicações em diversos domínios de aplicação (por exemplo, saúde e educação), as quais exploram interfaces naturais, captura e acesso automáticos de informação, e informação de contexto, além de diferentes níveis de foco de atenção (calm computing) e de interação (wearable computing). Trabalhos representativos do estado da arte são discutidos considerando aspectos de pesquisa e de desenvolvimento relacionados à multimídia (áudio, vídeo e imagens) e hipermídia (Web semântica e engenharia de documentos).

6.1. Introdução

No contexto deste trabalho, o termo ubíquo é sinônimo de transparentemente onipresente. Uma aplicação é considerada uma aplicação ubíqua quando é utilizada de modo transparente pelo usuário por estar embutida no ambiente onipresentemente (em todo lugar/em qualquer lugar). Deste modo, a aplicação agrega valor à execução de uma tarefa cotidiana do usuário de modo transparente, isto é, sem que o usuário tenha que alterar a maneira como normalmente realiza a tarefa original.

Este texto apresenta, na Seção 6.2, uma introdução à área de computação ubíqua, considerando aplicações que ilustram sua evolução, seus principais conceitos e definições, bem como alguns dos principais problemas. Na Seção 6.3 aspectos de ubiquidade são discutidos considerando aplicações que fazem uso de interfaces naturais, captura e acesso automáticos de informação, e informação de contexto, além de diferentes transparências de uso – *wearable computing* e realidade aumentada.

Trabalhos representativos do estado da arte são discutidos na Seção 6.4, organizados em domínios de aplicação tais como Saúde, Esportes, Educação, Transporte e Urbanismo. A seguir, trabalhos de pesquisa são revisitados considerando aspectos relacionados à multimídia na Seção 6.5 (em particular áudio, vídeo e imagens), à hipermídia na Seção 6.6 (em particular Web Semântica e Engenharia de Documentos), e à interação usuário-computador na Seção 6.7. O texto conclui, na Seção 6.8, com uma reflexão sobre as sinergias da pesquisa nessas áreas.

6.2. Fundamentos

6.2.1. Histórico

Mark Weiser (1952-1999)¹ é reconhecido por muitos como o responsável por propor o termo *ubiquitous computing* para fazer referência a aplicações com as quais usuários interagem de modo transparente por estarem embutidas no ambiente cotidiano do usuário [Bahl, 1999]. Essas aplicações estariam disponíveis em todo lugar e, por utilizar dispositivos de interação mais naturais que um monitor de vídeo com mouse e teclado (por exemplo voz, gestos e interação baseada em caneta) seriam utilizadas pelo usuário em suas tarefas cotidianas de modo transparente. De fato, em seus artigos seminais, Mark Weiser enfatiza a importância da *transparência* da interação: *The most profound technologies are those that disappear. They weave themselves into the fabric of everyday life until they are indistinguishable from it.* (Weiser, 1991).

A proposta, de acordo com Weiser (1991), se insere na última de três grandes ondas² relativas ao uso de sistemas de computação: a primeira onda correspondendo ao uso de *mainframes* por um grande número de pessoas, a segunda onda correspondendo ao uso de computadores pessoais, e a terceira onda na qual *technology recedes into the background of our lives*³.

Os protótipos projetados por Weiser e seu grupo (Weiser et al., 1999), então pesquisadores do Xerox Parc Research Center in Palo Alto⁴, visavam apoiar o ser humano em atividades *cotidianas* de modo automático, propondo o uso de dispositivos de interação que se distanciavam dos tradicionais teclado e monitor de vídeo: por exemplo, sensores, câmeras, microfones e canetas eletrônicas utilizadas para realizar

¹ A homepage de Mark Weiser está ativa (2007) em <http://www.ubiq.com/weiser/>. Nascido em 1952, Weiser faleceu de câncer em 1999: <http://www.cs.berkeley.edu/Weiser/bio.shtml>

² <http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/UbiHome.html>

³ *Ubiquitous computing names the third wave in computing, just now beginning. First were mainframes, each shared by lots of people. Now we are in the personal computing era, person and machine staring uneasily at each other across the desktop. Next comes ubiquitous computing, or the age of calm technology, when technology recedes into the background of our lives* (Weiser, 1991).

⁴ <http://www.parc.com/about/history>

anotações em superfícies pequenas e pessoais (como um PDA ou um Tablet PC), ou grandes e comunitárias (como uma lousa eletrônica).

Ilustrando esses conceitos, a Figura 6.1(a,b) ilustra aplicações prototipadas por Weiser e seu grupo: ambientes de reunião nos quais usuários portando crachás eletrônicos utilizam canetas eletrônicas, em vez de teclado e mouse, para realizar anotações em uma lousa eletrônica ou em um dispositivo pessoal para anotações. Estando os dispositivos conectados via rede sem fio (como sugerido a Figura 6.1(c,d)), é possível oferecer vários serviços que dão acesso às anotações dos indivíduos de modo a facilitar o trabalho do grupo: por exemplo o compartilhamento de anotações entre usuários de modo síncrono, durante uma reunião, ou de modo assíncrono, depois da reunião. Esses ambientes foram instalados no laboratório Colab⁵ (Stefik et al. 1987), criado para investigar alternativas de melhorar a comunicação em reuniões a partir da generalização do uso de interação baseada em caneta em lousas eletrônicas: generalizado para o uso de dispositivos portáteis integrados em rede.

O trabalho de Weiser teve influência em inúmeros outros grupos que investigaram, por exemplo, problemas e soluções relativos à utilização de dispositivos móveis nos mais diversos ambientes. Aplicações iniciais focavam em ambientes de escritório⁶ para suporte a reuniões (Stefik et al. 1987) e para serviços de localização de usuários utilizando crachás eletrônicos (Want et al., 1999) ou outros objetos mais comuns como uma caneca de café (Beigl et al., 2001), e um serviço notificação de email integrado a um rádio utilizado com um colar no pescoço⁷ (Sawhney and Schmandt, 1999).

Vários pesquisadores deram continuidade à pesquisa em ambientes de reuniões presenciais como o *LiteMinutes* (Chiu et al. 2001) e o *Tivoli* (Pedersen et al., 2003). Foi natural a extensão da aplicação dos conceitos para outros ambientes. Em residências comuns, por exemplo, um porta-retratos pode informar o nível de atividade física da pessoa retratada (Abowd et al. 2003) (Consolvo e Towle, 2005) (Newman al., 2006). Outros ambientes investigados incluem usinas de energia e ginásios de esportes (Trossen et al., 2007), hospitais (Bardram, 2004) (Trossen et al., 2007) e residências para idosos (Stanford, 2002) (Drugge et al., 2006).

Observando a evolução dos dispositivos de interação (baseados em canetas ou em sensores, por exemplo) e das infra-estruturas de rede sem fio de computadores, Weiser identificou⁸ como dispositivos de tamanhos diferentes – da ordem de uma *jarda* (~98cm), um *pé* (~28cm) ou *polegada* (~2,5cm) – poderiam ser utilizados.

Fazendo uso desses dispositivos, ele identificou aplicações que exploram (a) o fato de um único usuário poder portar, ao mesmo tempo e com mobilidade propiciada por redes sem fio, vários dispositivos pequenos da ordem de uma *polegada* (por exemplo, um personal digital assistant (PDA) e um cartão de identificação (*smart tag*) como o da Figura 6.1(c)) e um dispositivo da ordem de um *pé* (um *tablet pc*, por exemplo); e (b) o fato de dispositivos maiores (da ordem de uma *jarda*) serem naturalmente estáticos e

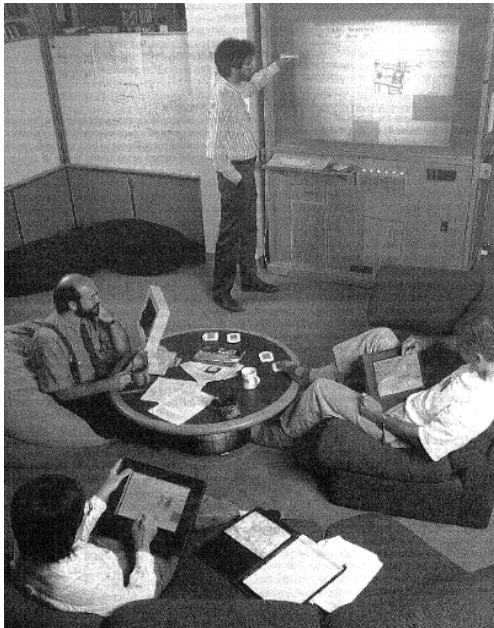
⁵ <http://www2.parc.com/istl/members/stefik/colab.htm>

⁶ <http://nano.xerox.com/parctab/>

⁷ Exemplo de dispositivo computacional utilizado junto ao corpo (*wearable computing*)

⁸ <http://www.ubiq.com/weiser/testbeddevices.htm>

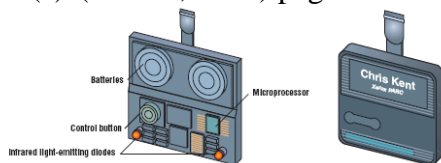
utilizados por várias pessoas colaborativamente (uma lousa eletrônica em uma sala de reuniões, por exemplo).



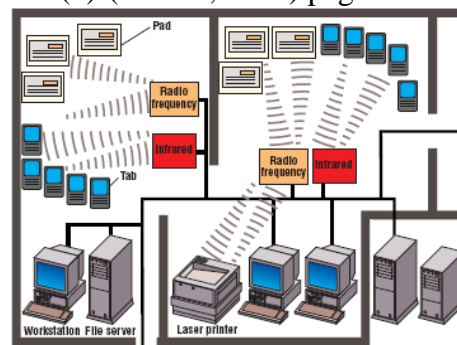
(a) (Weiser, 1991) pag. 4



(b) (Weiser, 1991) pag. 8



(c) (Weiser, 2002) pag.21



(d) (Weiser, 2002) pag.20

Figura 6.1 – (a) ambiente de reuniões com lousa eletrônica e dispositivos pessoais com caneta eletrônica; (b) reunião com dispositivos pessoais com caneta eletrônica; (c) crachá que permite a localização de um indivíduo, (d) ambiente de comunicação com e sem fio .

De fato, já ao final dos anos 90 era possível encontrar instalações em operação regular, como um residencial para idosos que fazia uso de crachás eletrônicos (Figura 6.1(c)) para identificação e localização dos usuários, e de outros sensores para coleta automática de dados e provimento de serviços importantes para seus usuários – por exemplo, sensores que permitiam acompanhar regularmente o ganho e/ou perda de peso dos indivíduos (Stanford, 2002).

Satyanarayanan (2002) apresenta sua visão da evolução histórica da área nos anos 90, e Abowd et al. (2002) fornecem uma evolução histórica do ponto de vista de aplicações.

Weiser (1993) discutiu também vários dos problemas relacionados ao amplo uso de computação ubíqua, como conectividade entre os vários dispositivos, provimento de energia para os dispositivos móveis, privacidade e segurança das informações

manipuladas (ver Seção 6.2.3). Vários autores discutem aspectos de segurança e privacidade em computação ubíqua, por exemplo, no contexto de *smart homes* (Meyer e Rakotonirainy, 2003).

6.2.2. Terminologia

Vários termos são utilizados na literatura da área, principalmente *computação ubíqua* e *computação pervasiva* – termos considerados por muitos como sinônimos⁹ – para fazer referência a aplicações com as quais usuários interagem de modo transparente por estarem embutidas no ambiente cotidiano. Outros termos encontrados são *computação invisível* e *computação calma* (*calm technology*): este último como referência ao fato de que o processamento ocorre na periferia da atenção do usuário enfatizado por Weiser e Brown (1997).

Weiser utilizou amplamente o termo *ubiquitous computing* para referir-se a aplicações que também fariam uso amplo de dispositivos móveis (Weiser 1991, 1993) – muito antes de essas aplicações terem seu potencial comercial amplamente reconhecido. É interessante observar que reconhecimento é ilustrado por Varshney e Vetter (2000) ao discutirem os problemas associados à integração de redes wireless de tipos variados incluindo wireless local area networks (WLANs), Wireless Local Loops (WLL) e Bluetooth. Varshney e Vetter (2000) consideram esses problemas relevantes dado o aumento de investimento em infra-estrutura para comunicação móvel, citando o fato de que apenas em telefonia móvel, por exemplo, o investimento nos EUA mudou, de 1990 para 1999, de 6,3 para 66,8 bilhões de dólares americanos.

Ainda relativamente à *computação móvel*, **Lyytinen and Yoo** (2002) destacam o fato de algumas aplicações suportarem a mobilidade do usuário, e propõem esse como um diferencial entre os termos *computação pervasiva* – que demanda suporte à mobilidade do usuário – e *computação ubíqua* – que explora ambientes (estáticos) tradicionais, como salas de reuniões, por exemplo. Também no contexto de computação móvel, MacIntyre e Feiner (2004) destacam a demanda por redes de alta velocidade e de baixa latência para dar suporte ao uso de aplicações ubíquas multimídia por um grande número de usuários móveis.

Outro termo utilizado por Weiser, e que foca na mobilidade do usuário, é *nomadic computing*¹⁰. Esse termo é utilizado por alguns autores como Sawhney and Schmandt (1999), que propõem um colar que oferece serviços, e por Want et al (1999), que investigam o uso de dispositivos de identificação associados a objetos manipulados rotineiramente pelos usuários. Esse conceito tem sido explorado de forma ampla também no contexto do *Cooltown Project* – que investiga o provimento de comunicação e outros serviços entre pessoas, locais e objetos quaisquer via *serviços Web* (Kindberg et al, 2002).

Computação calma (*calm computing*) faz referência a **aplicações que fornecem informações ao usuário sem, contudo, ser o foco da atenção** – por exemplo, para oferecer um mecanismo de comunicação de informações em ambientes de trabalho

⁹ http://searchnetworking.techtarget.com/sDefinition/0,,sid7_gci759337,00.html

¹⁰ <http://sandbox.xerox.com/hypertext/weiser/NomadicInteractive/>

(Wisneski et al., 1998) (Whittaker et al., 1994). Exemplos incluem a proposição e a avaliação de dispositivos que controlam a apresentação de bolhas em grandes painéis (Heiner et al., 2004), de informação musical (Barrington et al., 2006) ou a intensidade de lâmpadas ou a posição de cartões que compõem um móvel que indicam a distância a que se encontram os ônibus os quais representam (Mankoff et al., 2003) – conforme ilustram as Figuras 6.2 e 6.3.

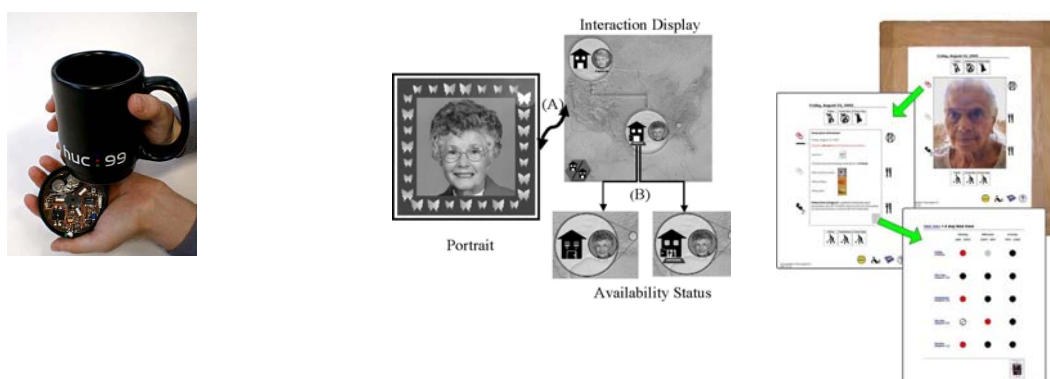
Esse tipo de recurso também tem sido explorado para oferecer informações a indivíduos com deficiência auditiva (Ho-Ching et al., 2003).

Alguns outros termos disseminados durante os anos 90 têm significado relacionado e, muitas vezes, complementar. São exemplos os termos *wearable computing* (Starter, 1996) (Mann, 2004) (Starter, 2006) e *augmented reality* (Feiner et al., 1993). No primeiro caso, o computador é utilizado pelo usuário como uma extensão do seu corpo; no segundo caso, informação gerada computacionalmente é associada a objetos do mundo real (via projeção, por exemplo).

Um conceito de grande importância para a área é o de *ciência de contexto* – do inglês *context aware* – que faz referência a aplicações que têm que se adaptar dinamicamente às condições de contexto, também dinâmicas, de seus usuários (Schilit et al., 1994).

De fato, a adaptação à informação de contexto por parte de aplicações é considerada essencial para aplicações de computação ubíqua (Coutaz et al., 2005).

Finalmente, vale a pena observar que *computação ubíqua* pode ser considerada, como destacado por Weiser (1991), como o oposto de *realidade virtual* porque nesta última o usuário é imerso em um ambiente produzido digitalmente.

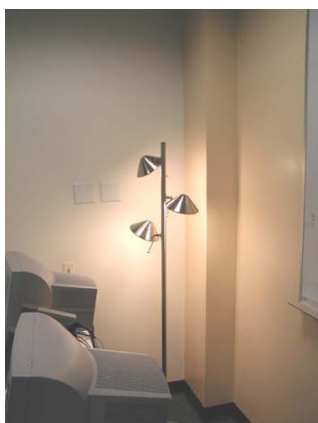


(Beigl et al., 2001)

(Nagel et al., 2001)

(Consolvo e Towle, 2005)

Figura 6.2 – Aplicações de computação não intrusiva *calm computing* permitem (a) monitorar colegas de trabalho quando vão para a pausa do café – para acompanhá-los se desejado; (b) e (c) familiares acompanhados a distância, com base na atividade que eles realizam em suas residências, capturadas por meio de sensores que detectam a movimentação dos indivíduos pelos vários ambientes de sua casa



(Mankoff et al., 2003)



(Mankoff et al., 2003)



(Heiner et al. 2004)

Figura 6.3 – Aplicações de computação não intrusiva (*calm computing*) podem também fazer uso de dispositivos normalmente encontrados nos ambientes para prover informações de interesse do usuário: (a) lâmpada, (b) móbil, (c) painéis de bolhas.

6.2.3. Problemas relevantes

O paradigma de computação ubíqua impõe o tratamento de vários tipos de problemas, muitos deles existentes anteriormente, mas agravados pela transparência da interação. Weiser (1993) já discutia, em seu tempo, vários desses problemas: conectividade entre os vários dispositivos, provimento de energia para os dispositivos móveis, privacidade e segurança das informações manipuladas, e a complexidade computacional das aplicações – aplicações essas que manipulam uma grande quantidade de informações dinâmicas que precisam ser interpretadas e integradas em tempo real.

Uma revisão da literatura em termos de problemas associados à exploração de computação ubíqua em *smart homes* foi publicada por Meyer e Rakotonirainy (2003), que destacam: *usabilidade, utilidade, aceitabilidade social, proteção de privacidade, custo e carga administrativa*.

Satyanarayanan (2003) observa que *privacidade e segurança* são problemas complexos no contexto de sistemas distribuídos de modo geral, no qual pesquisadores enfrentam os mais variados problemas – *spam* e roubo de identidade, por exemplo. Os problemas tendem a se agravar em sistemas de computação ubíqua pois *quanto mais dependente o usuário fica do sistema, mais informações o sistema tem do usuário*. Uma sugestão do autor é permitir que o usuário tenha ciência de quando e com que nível de *criptografia* informações sobre suas atividades estão sendo disponibilizadas (de localização, por exemplo). Outra sugestão é *manter um registro de toda e qualquer interação realizada*, quando essa interação envolver alguma informação privativa.

Vários autores discutem o problema de privacidade da informação manipulada em aplicações de computação ubíqua, por exemplo, no contexto do *disappearing computer*. No caso de aplicações que manipulam informações de idosos, por exemplo, essas informações podem incluir identidade e informações médicas de vários níveis: Stanford (2002) discute a necessidade de tratamento diferenciado por parte dos vários usuários das informações manipuladas pelas informações – médicos, familiares, enfermeiros e outros cuidadores devem ter acesso à informação de modo diferenciado, naturalmente.

O abuso do uso de informações por parte de empresas e governo tem que ser cuidadosamente monitorado: Ohkubo et al (2005) discutem dois casos de processos contra empresas que associaram etiquetas eletrônicas (em particular *RFID tags*) a seus produtos. Se, por um lado, o fato da etiqueta ser desabilitada quando o produto deixa a loja é esperado, é possível que a desabilitação não ocorra para permitir um monitoramento mais eficiente – do ponto de vista do fabricante – da vida do produto.

Os problemas potenciais à privacidade do usuário, sumarizados por Okubo e seus colegas, se aplicam a inúmeras aplicações, mesmo aquelas que não fazem uso de etiquetas do tipo RFID: (a) o fato de que a informação pode ser acessada por quem não teria, a princípio, direito, e (b) o fato de a informação poder ser monitorada sem que o usuário esteja ciente do monitoramento.

O problema tem chamado atenção também de entidades governamentais – a Comunidade Européia, por exemplo, propôs um conjunto de diretrizes para o projeto de aplicações que de alguma forma manipulam informações particulares dos usuários de modo transparente. O principal ponto, como discutido por Lahlou et al. (2005), é a diretriz *Think before doing*, que orienta projetistas para que incluam o tratamento apropriado de informações privativas como requisito das aplicações nos estágios mais iniciais do projeto. Essa abordagem de investigação *a priori* foi adotada por Iachello et al. (2005), ao realizar seus estudos de usuários antes da proposição de diretrizes para manipulação de informações de localização.

Vários trabalhos investigam problemas e abordagens para a *conectividade de dispositivos em ambientes de computação ubíqua*. Um ponto recorrente é a quantidade de dispositivos, como encontrada em muitos trabalhos (por exemplo, Want et al, 1999). São várias as tecnologias que podem ser utilizadas para conectá-los – em particular em se tratando de dispositivos móveis. Aspectos relacionados à mobilidade em redes sem fio são discutidos, por exemplo, por Dekleva et al (2007), e o uso de metadados é proposto por vários autores, por exemplo Wang et al. (2004).

A abordagem para conectividade proposta no projeto Cooltown assume dispositivos móveis conectados por alguma tecnologia de comunicação sem fio apropriada, e foca no provimento de serviços com base nos protocolos de comunicação utilizados na Web (Kindberg et al, 2002). Nesse sentido, os autores propõem a atribuição de pontos de presença Web para todo item para o qual a localização pode ser conhecida e um serviço oferecido: em outras palavras, cada ponto de presença é disponibilizado como um servidor Web – esteja esse ponto associado a uma pessoa, um local ou um dispositivo qualquer (*person, place or thing*). Um exemplo é um cenário em que um quadro, em uma galeria, oferece informações sobre seu pintor: um indivíduo pode utilizar seu celular para, utilizando conexões HTTP, obter o conteúdo Web fornecido pelo quadro e enviá-lo para a impressora.

Relacionado ao problema de conectividade é o fato de que múltiplos dispositivos utilizados por usuários móveis precisam de mecanismos de comunicação eficientes e não intrusivos. Um esforço relacionado interessante envolve o design de tecidos e vestimentas que integram sensores e transmissores a redes sem fio (Wade e Asada, 2007). De qualquer modo, é importante a investigação de alternativas para o uso de sensores que são portados por usuários tais como crianças, como no exemplo de monitoramento de autistas (Kientz et al, 2007), ou por adultos, como, por exemplo,

patrulheiros (Starner, 2006) ou idosos que precisam ser monitorados em suas residências (Hayes et al, 2007) ou em hospitais (Drugge et al, 2006) (Bardram e Christensen, 2007)

O fato de o uso de grande quantidade de sensores e outros dispositivos, móveis ou não, ser intrínseco à área de computação ubíqua, demanda também grande esforço computacional (Satyanarayanan 2002). Pode demandar também infra-estruturas dedicadas como *middlewares* adaptados orientados a serviços (Gu et al., 2005) ou para tratamento de áudio (Bellavista et al., 2004) e metadados (Wang et al 2004) (Bulcão Neto et al., 2006). Além disso, são vários os esforços realizados em termos de avaliação dos serviços fornecidos (Tolia e Satyanarayanan, 2007) (Bulcão Neto e Pimentel, 2006)

Em relação *ao provimento e à conservação de energia*, a literatura da área reporta vários esforços e experiências (Paradiso, J.; Starner, 2005) (Chevalerias et al., 2005) (Philipose et al., 2005) (Lal et al., 2005) (Nourbakhsh et al., 2005) (Roundy et al., 2005) (Zeng et al., 2005).

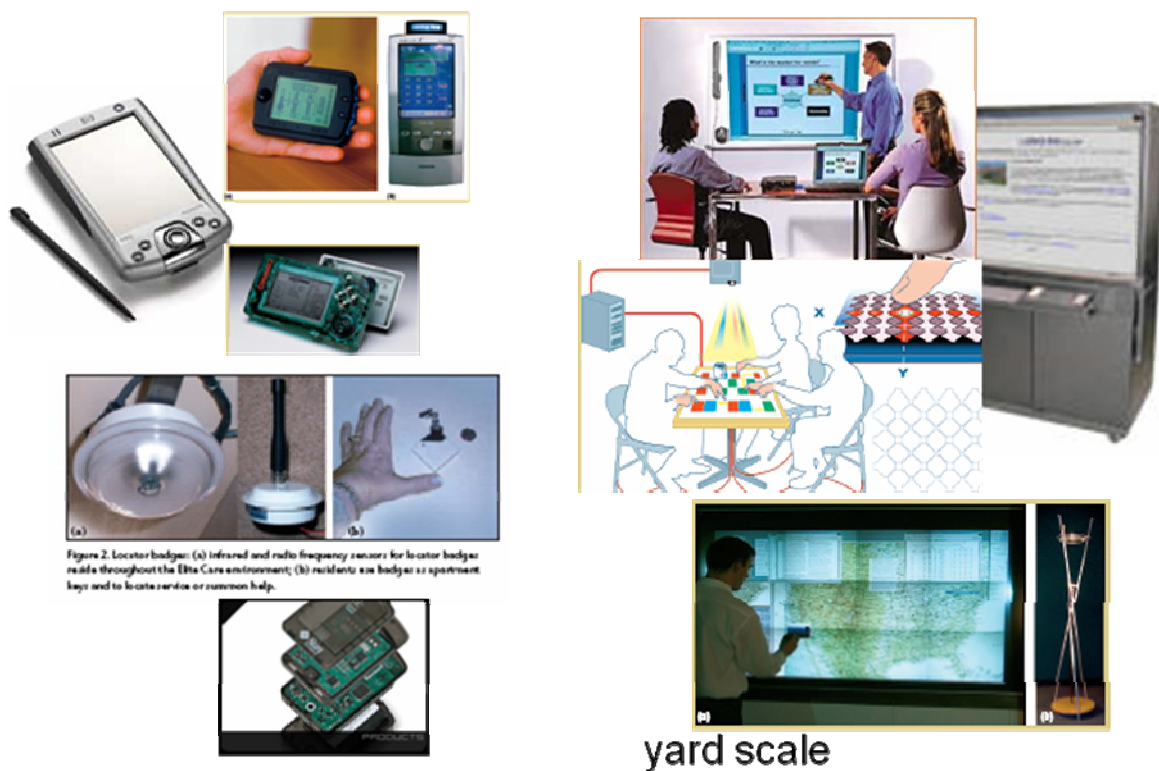
Inúmeros autores têm investigado *problema de usabilidade* aplicando conceitos da área de interação usuário-computador, como comentado na Seção 6.6.

6.3. Categorias de aplicações

Estendemos as categorias identificadas por Abowd et al. (2002) para discutir conceitos importantes da área da computação ubíqua: interfaces naturais, computação ciente de contexto (ou *sensível a contexto*), captura e acesso automáticos de informação, *wearable computing* e realidade aumentada.

6.3.1. Interfaces Naturais

O desaparecimento do *hardware* tem evoluído de várias formas, como discutido por Want et al. (2002): a Figura 6.4 ilustra vários dispositivos utilizados por aplicações reportadas na literatura e citadas neste texto.



inch scale

yard scale

foot scale



wearable devices



Figura 6.4 – Dispositivos utilizados por aplicações reportadas na literatura e citadas neste texto: tamanhos *inch*, *foot* e *yard*; e exemplos de wearable devices

A computação ubíqua inspira um deslocamento da metáfora tradicional de *desktop* (*teclado + mouse + display*) para uma forma de interação mais parecida com o modo que os humanos interagem com o mundo físico. Humanos falam, gesticulam e escrevem para se comunicarem uns com os outros e tudo isso pode ser utilizado, implícita ou explicitamente, como entrada para sistemas de computação ubíqua.

Nesse tema existe uma grande intersecção com a área de interação humano-computador, cuja comunidade científica vem há anos trabalhando no desenvolvimento de interfaces cada vez mais amigáveis. Esses novos tipos de interação trazem novas necessidades e desafios para o desenvolvimento das aplicações. Novos tipos primitivos de dados (áudio, vídeo, *ink* e informação sensorial) passam a ser necessários para o desenvolvimento eficaz de interfaces naturais. Além disso, são necessários mecanismos para o tratamento e reconhecimento de erros associados às novas interfaces (Abowd et al., 2002).

O requisito de que a aplicação em computação ubíqua deve possuir uma interface transparente ou natural requer a busca por alternativas apropriadas de interface, que possam substituir o tradicional *desktop*, de forma que o usuário não tenha a necessidade de mudar seus hábitos para fazer uso da aplicação. Pesquisas nessas áreas incluem o reconhecimento de caracteres em tempo real e o suporte à interação multimodal.

6.3.2. Computação Ciente de Contexto

Ciência de contexto (*context awareess*) faz referência a aplicações que têm que se adaptar dinamicamente às condições de contexto, também dinâmicas, de seus usuários (Schilit et al., 1994), sendo considerada uma característica essencial em inúmeras aplicações de computação ubíqua (Coutaz et al., 2005).

De acordo com Dey (2001), informação de contexto é aquela que pode ser utilizada para caracterizar a situação de uma entidade. Uma entidade pode ser uma pessoa, um lugar ou um objeto considerados relevantes para a interação entre o usuário e a aplicação. Um sistema é considerado ciente de contexto se utilizar informação de contexto para prover informações ou serviços relevantes para o usuário. Dey (2001) ressalta que o conceito de relevância é prerrogativa do usuário, dependendo da tarefa que o mesmo deseja realizar.

Computação ciente de contexto envolve o desenvolvimento de aplicações que permitam a coleção de informação de contexto e a mudança de comportamento com base nas informações de contexto coletadas. Além disso, uma aplicação ciente de contexto deve ser capaz de associar significado aos eventos do mundo exterior e usar essa informação de maneira efetiva (Abowd et al., 2002). Aplicações de computação ubíqua precisam ter ciência de contexto, sendo capazes de adaptar seu comportamento com base nas informações extraídas dos ambientes físico e computacional.

Vários trabalhos reportam o uso de informações de contexto por aplicações que proviam serviços que dependiam da localização do usuário, como, por exemplo, o Lancaster Guide System (Davies et al., 2001). Nesse contexto, Hightower e Borriello (2001) contribuem, com base em um levantamento do uso de tecnologias na literatura, com uma taxonomia de tecnologias utilizadas para identificação da localização do usuário.

É importante observar que muitas aplicações utilizam contexto de uma maneira simplificada: basicamente identificação de quem é o usuário (ou objeto) e de sua

localização. Entretanto, existem também desafios referentes à criação de mecanismos mais complexos para sua representação, como as dimensões de contexto *quem, o que, quando, onde* e *como*, como exemplificado em aplicações detalhadas por Truong et al. (Truong et al., 2001), entre outros autores.

Dada a importância da manipulação de informações de contexto por aplicações, diversos autores propõem infra-estruturas de software para apoio a aplicações, por exemplo *toolkits* de programação (Dey, 2001), *middlewares* específicos (Ranganathan and Campbell, 2003), processos de software (Bulcão Neto et al, 2006), e ontologias (Wang et al 2004) (Bulcão Neto et. al, 2006) (Bulcão Neto e Pimentel, 2006).

6.3.3. Aplicações de Captura e Acesso

Pesquisadores têm investigado como desenvolver aplicações que **capturam automaticamente informações sobre as atividades dos usuários quando realizadas em ambientes cotidianos: o objetivo da captura é prover acesso às informações capturadas a posteriori.** A captura das informações demanda pesquisa em multimídia e sistemas distribuídos, por exemplo, e a apresentação das informações explora resultados das áreas de hipermídia, engenharia de documentos e interação usuário-computador, entre outras.

Chamadas **aplicações de captura e acesso** (Abowd et al., 2002), essas aplicações têm sido desenvolvidas para documentar experiências humanas em ambientes de reuniões, como o sistema *Coral* (Minneman et al., 1995) e o sistema *LiteMinutes* (Chiu et al. 2001), em ambientes de hospitais, como o *ActiveTheatre* (Hansen et al. 2005, 2006), e em ambientes educacionais, como os sistemas *eClass* (Brotherton e Abowd, 2004), *SmartClassroom* (Shi et al., 2003) e *iClass* (Pimentel et al., 2007).

Em uma direção complementar há trabalhos que registram informações de áudio e vídeo do cotidiano dos usuários para permitir a recuperação de várias formas para vários usos – como proposto e investigado por vários anos, e em inúmeros cenários, por Mann (2004). A recuperação pode se dar de inúmeras formas como diários eletrônicos (Kawamura, 2002) ou vários tipos de índices de vídeo (Aizawa et al., 2007) (Silva et al., 2006) e mecanismos de recuperação de áudio (Ellis e Lee, 2004) (Xu et al., 2006).

6.3.4. Wearable Computing

No caso de aplicações de *wearable computing*, em vez de monitor de vídeo, o usuário utiliza um par de óculos no qual é apresentada a informação que seria normalmente apresentada no monitor ou PDA; em vez de um teclado utilizado em uma mesa ou um PDA, o usuário opera um teclado adaptado ao seu cinto, por exemplo; a CPU, em vez de utilizada sobre uma mesa ou em um *laptop* ou *PDA*, é alocada no cinto ou na mochila do usuário; além disso, uma câmera associada ao óculos ou ao boné permite a captura das informações conforme visualizadas pelo usuário (Starner, 1996) (Mann, 2004) (Starner, 2006). Aplicações para esse tipo de tecnologia são encontradas em vários domínios, por exemplo nos domínios militar (Starner, 2006), saúde (Drugge et al, 2006), educação (Brashear et al, 2006) e entretenimento (Knoerlein et al., 2007) .

Starner (2006) discute uma aplicação em que o usuário – um militar que realiza uma patrulha no campo – tem as informações que ele visualiza capturadas juntamente com as coordenadas GPS de sua localização física. Assim, é possível ao militar, depois de

terminar a patrulha, revisitar o percurso realizado de modo a ter informações detalhadas para seu relatório, por exemplo. O uso de sensores e interfaces dedicadas em aplicações deste tipo é essencial, identificados através de estudos detalhados do usuário e das tarefas por ele realizadas em seu mundo real – estudos etnográficos, por exemplo, como os utilizados por Drugge et al. (2006).

O extenso uso de sensores e recursos de visão computacional – por exemplo para identificação do tom de pele (Sigal, 2004) – a partir das informações capturadas por câmeras, permite aplicações inovadoras como o auxílio ao ensino de linguagem de sinais a crianças portadoras de deficiências auditivas (Brashear et al, 2006). Esse tipo de pesquisa, por utilizar vários recursos de entrada de dados simultaneamente, demanda o uso de técnicas e recursos de interação multimodal, como o *toolkit* de reconhecimento de gestos proposto por Westeyn et al. (2003).

A construção de aplicações é complexa, por exemplo, no caso de aplicações multi-usuário – como no jogo de ping-pong para dois usuários prototipado por Knoerlein et al. (2006): os atuadores utilizados nas mãos, para dar a sensação da raquete, precisam ser calibrados e controlados com precisão e comandados com alta velocidade. Knoerlein et al. demonstram a necessidade recursos de software flexíveis, na forma de *frameworks*, por exemplo, para a construção de sua aplicação.

A entrada de dados com o uso de teclados pequenos e não convencionais é motivo de pesquisa intensa: Clarkson et al. (2007), por exemplo, reportam estudos de entradas de dados utilizando um teclado com o qual a entrada é realizada com dois botões operados pelos polegares; Clarkson et al (2005) reportam estudos utilizando miniteclados tipo *querty*.

6.3.5. Realidade Aumentada

O termo *realidade aumentada* é utilizado para fazer referência ao fato de que objetos do mundo real podem ser anotados, via projeção, por exemplo, com informação gerada em um ambiente computacional (Feiner et al. 1993). Um exemplo é o trabalho reportado por MacIntyre et al. (2001), no qual escritórios são instrumentados com grandes superfícies projetadas nas quais são apresentadas informações relevantes para o trabalho do grupo.

Se o usuário estiver utilizando um par de óculos no qual são apresentadas informações que seriam disponibilizadas em um monitor de vídeo (como um óculos utilizado em aplicações de *wearable computing*), é possível apresentar informações adicionais sobre um objeto do mundo real observado. Deste modo, é possível visualizar uma extensão do objeto real (*augmented reality*). Outros exemplos de aplicações são encontrados em entretenimento – jogos e performances teatrais (Dow et al., 2007) (MacIntyre et al., 2002), museus (Hatala, 2004) e trabalho colaborativo (Mynatt et al. 1998).

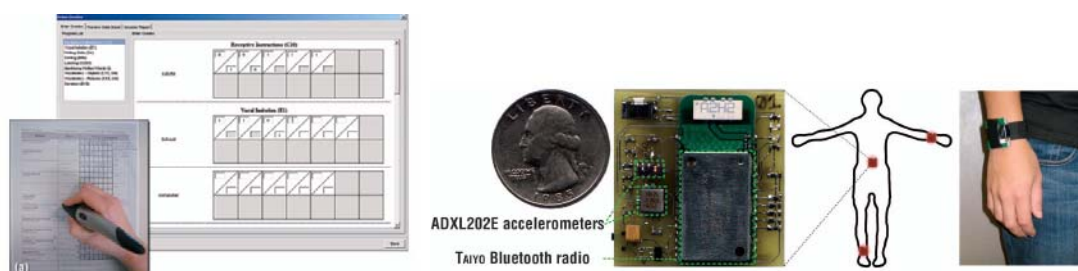
6.4. Domínio de aplicações

Esta seção apresenta exemplos de aplicações desenvolvidas em vários domínios: saúde, educação, esporte, transporte e urbanismo.

6.4.1. Saúde

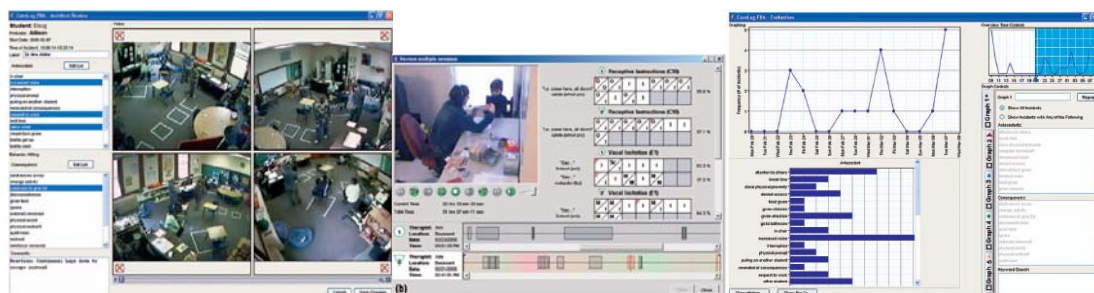
Entre as várias pesquisas neste domínio estão as que investigam mecanismos para capturar automaticamente informações para registro e análise posterior, como as reportadas nesta seção.

Kientz et al. (2007) demonstram protótipos projetados para permitir o acompanhamento e a avaliação de crianças autistas (Figura 6.5). Os autores exploram captura de informações com vídeo e caneta eletrônica. O uso da caneta permite aos avaliadores realizarem anotações em formulários equivalentes aos desenvolvidos por especialistas para a tarefa de avaliação: o sistema associa as anotações feitas com a caneta eletrônica a timestamps que são utilizados para indexar o vídeo capturado – e oferece vários mecanismos de visualização para que as anotações e os registros em vídeo possam ser revisitados pelos avaliadores. Os autores apresentam também protótipos de dispositivos baseados em sensores que, utilizados pela criança junto ao calçado, a uma pulseira ou cinto, permitem registrar alguns tipos de comportamento de interesse específico para o tratamento. A coleta de dados de forma automática possibilita a obtenção de dados importantes para os procedimentos de avaliação e tratamento: essa coleta é custosa e sujeita a muitos erros quando realizada manualmente.



captura com caneta eletrônica

captura com sensores de movimento



vídeo capturado integrado a outras anotações

gráficos customizados

Figura 6.5 – Protótipos projetados para permitir o acompanhamento e a avaliação de crianças autistas (Kientz et al., 2007).

Facilitar a coleta de dados a respeito das atividades de indivíduos é também o objetivo dos trabalhos de Hansen et al. (2005, 2006) e de Hayes et al (2007). No primeiro caso, um ambiente apóia atividades envolvidas em cirurgias de modo geral, e em centros cirúrgicos de modo particular.

No segundo caso, Hayes et al (2007) esperam diminuir o custo do processo de coleta e ao mesmo tempo ter dados suficientes para permitir a identificação de alguns tipos de problemas o mais cedo possível. A proposta é de que dois moradores (um casal, por exemplo) portem, em sua residência, sensores que são monitorados por várias estações receptoras. As várias estações são capazes de identificar com precisão o movimento de cada um dos indivíduos na residência. Essas informações são utilizadas para avaliar mudanças nos valores associados à mobilidade dos indivíduos – mudança essa associada não apenas ao avanço da idade, mas também a doenças que variam de artrite a distúrbios cognitivos como o *Mal de Alzheimer*. Os pesquisadores mostram que foi possível capturar e analisar os dados de modo individual e combinado – o que permite que um indivíduo atue como *controle* sobre o outro, em termos de observação de mudança de padrão de mobilidade.

Sá et al. (2007) utilizaram a técnica de projeto centrado no usuário no design de uma aplicação que dá apoio ao processo de tratamento de distúrbios de comportamento (*cognitive behavioral therapy*). Ao médico, é permitido customizar a aplicação para refletir o tratamento desejado para um dado indivíduo, bem como visualizar suas anotações e as anotações realizadas pelo paciente. Ao paciente, é permitido o registro de informações importantes sobre eventos que ocorrem no dia a dia e que devem ser reportados ao terapeuta. Juntos, eles podem realizar outras tarefas e procedimentos planejados pelo terapeuta.

Badram e Christensen (2007) também fizeram uso da técnica de projeto centrado no usuário na prototipação de um ambiente que corresponderia ao *hospital do futuro*, no qual vários usuários usuais do ambiente (médicos, especialistas, enfermeiros etc.) recebem suporte da aplicação para trabalhar colaborativamente na especificação, no registro e no acompanhamento do tratamento dos pacientes. O sistema explora comunicação textual e via voz, síncrona, via dispositivos móveis conectados em redes p2p, e anotações em superfícies eletrônicas, para prover apoio ao usuário com base nas atividades que eles têm que realizar (*activity-centered computing*).

6.4.2. Esportes

Vários autores sugerem o uso de computação ubíqua para apoiar a prática de esportes, como compilado por Chi et al. (2005). Wijnalda et al. (2005), por exemplo, fazem uso de sensores para **capturar o nível de atividade do usuário de modo a oferecer músicas apropriadas, em termos de motivação,** para os diferentes tipos de atividades (Figura 6.6).

Beetz et al. fazem coleta e análise de dados no contexto de jogos de futebol americano, enquanto que Michahelles e Bernt Schiele (2005) investigam alternativas para coleta e monitoramento de esquiadores profissionais. Chi (2005) investiga o uso de sensores de força na prática de artes marciais.

Hey e Carter (2005) fazem uso de câmeras e sensores associados a uma mesa utilizada para a prática de tênis de mesa de modo a permitir a coleta de imagens: uma foto é capturada automaticamente quando a bola toca a superfície da mesa. Os autores advogam que dispositivos similares podem ser utilizados para melhorar a prática de outros esportes tais como tênis de campo, arremesso de dardos e futebol.

Em um contexto relacionado, o de jogos, Tse et al. (2007) discutem possibilidades e vantagens do uso de uma mesa digital, em um ambiente residencial, que oferece recursos de interação multimodal aos jogadores.



Figura 6.6 – O sistema IM4Sports consiste em um *player* portátil com fones de ouvido, um cinto para medição de frequência cardíaca e um sensor para medir aceleração do atleta (Wijnalda et al., 2005).

6.4.3. Educação

Vários dos sistemas desenvolvidos para suporte à educação têm o foco na **captura de aulas em ambientes convencionais ou distribuídos**. Por exemplo, o *Lecture Browser* (Mukhopadhyay e Smith, 1999) e o *eClass* (Brotherton e Abowd, 2004) permitem a captura de uma aula tradicional para uma audiência em um auditório tradicional. Já o *Authoring on the Fly* (Müeller e Ottmann, 2000) e o *SmartClassroom* (Shi et al., 2003) têm recursos para a transmissão ao vivo de uma aula convencional a uma audiência remota.

Inspirados no *eClass*, Pimentel et al. (2007) desenvolveram o sistema *iClass* para investigar mecanismos de apoiar a captura e o acesso de informações em aulas tradicionais ou missões em campo (Figura 6.7), por exemplo.

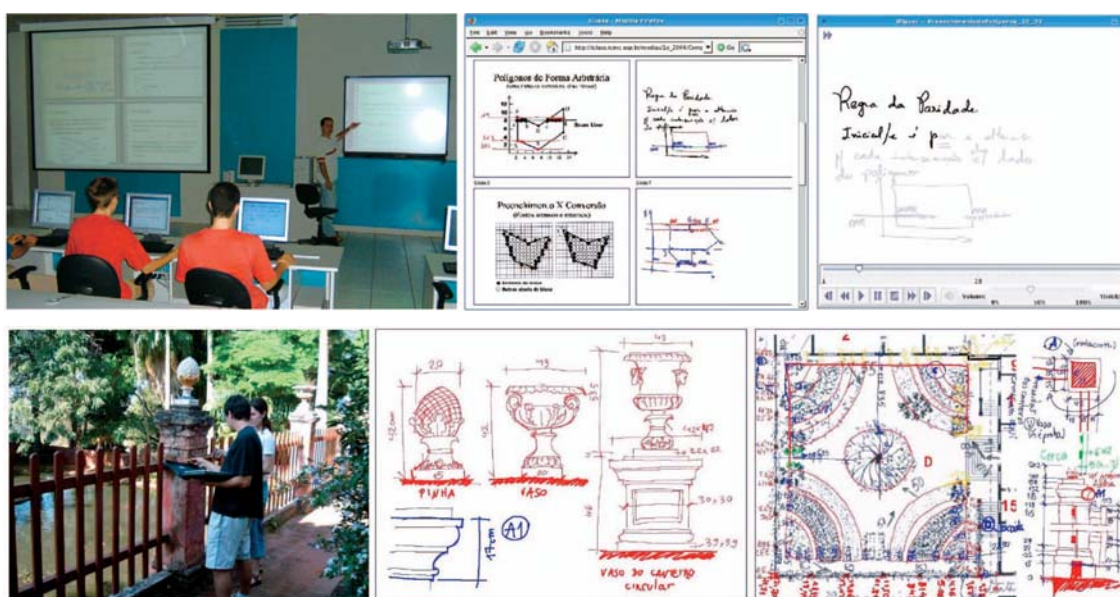


Figura 6.7 – *iClass*: mecanismos para captura e acesso de informações em aulas tradicionais (acima) ou missões em campo (abaixo) (Pimentel et al, 2007)

Outros sistemas foram criados fazendo uso de dispositivos pessoais, como PDAs, como mecanismo do aluno fazer suas próprias anotações com base no conteúdo apresentado pelo professor; um exemplo é o *sistema* StuPad (Truong et al., 2001).

Alguns sistemas se baseiam na captura de informações em contextos diferentes de suporte ao ensino. Um exemplo é o Smart Kindergarten (Chen et al. 2003), no qual um ambiente de pré-escola é instrumentado para coletar informações das crianças, dos professores e dos objetos com os quais eles interagem. Projetado para coletar, gerenciar e combinar dados obtidos pelos sensores, o objetivo do projeto é auxiliar educadores a investigar com profundidade o aprendizado dos estudantes. Outro exemplo é o sistema construído para facilitar a coleta de dados, por avaliadores, do comportamento de crianças autistas – com o objetivo de observar seu desenvolvimento em termos da interação com outras crianças e com professores (Kientz et al., 2007) (White et al., 2003).

6.4.4. Transporte e Urbanismo

São várias as aplicações de computação ubíqua na área de transportes veiculares, como por exemplo o **suporte à comunicação entre veículos, à detecção de obstáculos ou dos limites da estrada** (Farkas et al. 2006).

Desafios interessantes, em termos de tecnologias de comunicação, ocorrem quando o veículo e/ou seus passageiros recebem informações em alta velocidade, como discutido por Giuli et al. (2006). Aplicações que fazem uso de tecnologias como visão computacional (Cheng e Triverdi, 2006) permitem o monitoramento, por exemplo, da posição do usuário no veículo, e podem ser utilizadas para melhorar aspectos de segurança, entre outros benefícios.

Pesquisadores como Hoh et al (2006) investigam mecanismos para aumentar os aspectos de privacidade e segurança no contexto de sistemas de monitoramento de tráfego. Já Davies et al. (2001) exploram dispositivos de captura de informações instalados em veículos para permitir a coleta de dados relevantes para a geração de mapas, por exemplo, e hiperdocumentos multimídia acessados via Web (Figura 6.8).

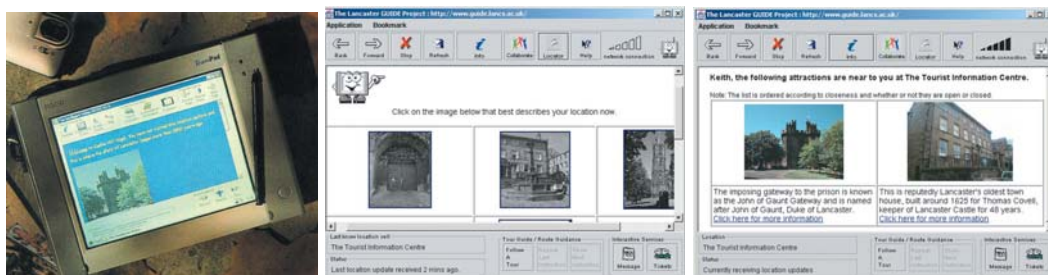


Figura 6.8 – Davies et al. (2001): informações capturadas em veículos são utilizadas para geração de mapas e guias customizados

Kindberg e Chalmers (2007) discutem o quão difícil é realizar pesquisa e desenvolvimento em ambientes urbanos de modo geral. Entre os motivos, eles destacam o grande número de responsáveis envolvidos (governo, indústria, comércio, usuários),

os vários tipos de comunicação sem fio (GPS, WiFi, Bluetooth etc.) e as muitas diferenças culturais.

Borriello et al. (2005) discutem alternativas para facilitar a mudança do tipo de conectividade pelos usuários em ambientes urbanos, dada a limitação de disponibilização em GPS em ambientes urbanos tanto em ambientes fechados como entre prédios altos ou em ruas estreitas.

Arikawa et al. (2007) apresentam um sistema de navegação urbano utilizado por pedestres em Tóquio, baseado em GPS e redes sem fio, para formar uma plataforma de comunicação para o provimento de serviços de navegação com mapas, diretórios, tabelas de preços etc. Fazendo coleta e análise de grande volume de dados, os autores investigam aspectos de relacionados ao efeito que o sistema tem na percepção dos usuários da cidade e em como eles se adaptam à mudança do tipo de conectividade disponibilizada.

Com base em uma grande quantidade de dados reais, Reades et al. (2007) reportam suas observações relativas ao padrão de uso de telefones celulares em ambientes urbanos e sua relação com padrões de ocupação do espaço.

Bassoli et al. (2007) reportam estudos etnográficos sobre o comportamento de usuários no metrô de Londres, que levaram ao projeto de uma aplicação que permite aos usuários compartilhamento de informações via Bluetooth.

Thom-Santelli (2007) discute dificuldades relativas ao projeto de aplicações para ambientes urbanos e propõe o uso de uma abordagem artística como técnica de projeto de aplicações.

6.5. Multimídia em computação ubíqua

É recorrente o uso de recursos e de resultados de pesquisa em multimídia por parte de aplicações de computação ubíqua. Nesta seção são apresentados resultados em relação ao uso de áudio, vídeo e imagens.

6.5.1. Áudio

Um tema de pesquisa que desperta bastante interesse é auxílio à memória. A gravação de áudio pode ser utilizada para esse fim com impacto menor para o usuário quando comparado ao uso de câmeras e outros dispositivos utilizados junto ao corpo (*wearable*), requerendo apenas que um dispositivo do tamanho e do peso de um telefone celular seja carregado por uma pessoa. Ellis e Lee (2004) conduziram um experimento coletando gravações pessoais contínuas de áudio e investigando como elas podem ser automaticamente analisadas, indexadas, visualizadas e co-relacionadas com outros dados. Esse registro automático usa um GPS para salvar informação de localização enquanto grava o áudio (Figura 6.9). As informações de localização e de horário são utilizadas para relacionar dados presentes na agenda do usuário.



Figura 6.9 – Equipamentos utilizados por Ellis e Lee (2004) para a gravação do áudio: à esquerda um gravador MP3 com HD interno (32 horas de gravação); ao centro um gravador de áudio de baixa qualidade - ADPCM 4 bits, em memória flash, 20 horas de gravação; à direita, uma unidade GPS.

Para identificar os relacionamentos, o sistema faz segmentação do áudio (utilizando *Bayesian Information Criteria*), clusterização não supervisionada nos segmentos e classificação dos mesmos (identificando ambientes e pessoas). Assim, posteriormente ao momento da gravação, o sistema pode exibir a agenda do usuário de modo que o mesmo possa visualizar que eventos possuem áudio disponível. Esse tipo de sistema envolve questões de privacidade, uma vez que as vozes de outras pessoas são gravadas e registradas.

O trabalho de Bellavista et. al. (2004) procura contribuir para o acesso móvel e ubíquo à Internet e, para isso, realiza a integração transparente de dispositivos sem fio a redes fixas. Os autores desenvolveram um *middleware*, em nível de aplicação, chamado ubiQoS, que realiza *streaming* de áudio baseado em QoS para clientes Bluetooth. O ubiQoS explora *proxies* para fazer ajustes de QoS e para o gerenciamento de QoS sobre o caminho de distribuição do segmento de áudio, usando diferentes tipos de links Bluetooth.

O sistema *ec(h)o* apresenta uma interface de *realidade aumentada* que utiliza recursos de som espaciais que são associados a objetos, objetos esses que são anotados por uma ontologia (Hatala, 2004). O protótipo foi projetado para um museu de história natural e ciências. O foco do trabalho é um mecanismo de recuperação de objetos sonoros para um visitante do museu. A experiência de cada visitante é ajustada para os interesses do usuário. O interesse do usuário é inferido a partir dos movimentos do usuário durante a apresentação assim como a partir das interações do visitante com objetos sonoros. Os objetos sonoros são recuperados baseados em sua relevância para os interesses do usuário, critérios de narrativa e critérios de psicoacústica. O sistema usa *ontologias* para descrever conceitos, características temporais e espaciais, psicoacústica e características sonoras dos objetos de som. O mecanismo de recuperação é representado na forma de regras que capturam critérios contextuais, sonoros, psicoacústicos e de composição para uma experiência plausível do usuário.

Esse sistema é um resultado da convergência de linhas de pesquisa como repositórios de objetos, projeto de interações, auditórios interativos, representação de conhecimento, Web semântica e recuperação de informação. As ontologias combinadas com as

inferências baseadas em regras provaram ser uma plataforma de implementação adequada para este tipo de sistema.

Um outro uso de áudio em aplicações ubíquas que vem despertando interesse de pesquisadores é a música nos esportes. Segundo Wijnalda et al. (2005), a música tem um efeito positivo na diversão e na motivação para executar exercícios físicos, especialmente para atletas não profissionais. As necessidades deste grupo de usuário em termos da diversão e motivação são particularmente elevadas e o efeito positivo potencial pode ser significativo.

A união entre esportes individuais e música tem resultados já no desenvolvimento de produtos para o consumidor. Por exemplo, o Philips-Nike MP3Run é utilizado como um *player* portátil de música e como um sistema de registro de desempenho e de treinamento. Nos produtos disponíveis no mercado, entretanto, a seleção da música e a sua execução não estão acoplados ao desempenho do praticante de exercícios.

Visando superar a limitação apontada, Wijnalda et al. (2005) desenvolveram o IM4Sports (Figura 6.6), o qual consiste de um *player* portátil, uma fita monitoradora de batimentos cardíacos e de um computador pessoal. Ao usuário é permitido selecionar um programa de treinamento e, conforme o seu desempenho durante o exercício, o sistema seleciona a música mais adequada: por exemplo, a música para o aquecimento deve ser diferente da música para uma corrida, pois o ritmo e a concentração requeridos nesses casos são diferentes. A seleção das músicas é realizada seguindo perfis pré-estabelecidos e catálogos musicais pré-gravados.

6.5.2. Vídeo

Vídeo digital tem sido utilizado nas mais diferentes aplicações em computação ubíqua. Na literatura os tipos de aplicações mais encontrados são: captura e acesso de atividades, anotações e adaptação de conteúdo. Esta seção apresenta um recorte da literatura a respeito das pesquisas nesses três temas. Os trabalhos descritos foram selecionados por terem sido pioneiros ou representativos para a área, não necessariamente por serem recentes.

6.5.2.1. Captura e acesso automáticos de atividades

As chamadas aplicações de captura e acesso (Abowd et al., 2002) são desenvolvidas para documentar experiências humanas em ambientes cotidianos: o objetivo da captura é prover acesso às informações capturadas a posteriori.

O requisito de que a aplicação forneça mecanismos para captura automática e acesso ao que foi capturado requer que a obtenção de dados das experiências do usuário (a captura) ocorra automaticamente e que haja a possibilidade da sua recuperação (o acesso) ao longo do tempo.

Domínios de aplicação investigados incluem, entre outros, trabalho colaborativo em reuniões (Minneman et al., 1995) (Chiu et al. 2001), hospitais (Hansen et al. 2005, 2006), clínicas de avaliação (Kientz et al., 2007) e recuperação (Xu et al., 2006), bem como ambientes educacionais tradicionais (Brotherton e Abowd, 2004) (Shi et al., 2003) e iClass (Pimentel et al., 2007).

Aplicações de captura e acesso devem prover aos usuários mecanismos de recuperação da informação capturada automaticamente – o que normalmente é realizado na forma da apresentação de documentos multimídia aos usuários. Em muitos casos, para recuperação da informação são gerados documentos hipermídia.

Há inúmeros trabalhos que registram vídeo do cotidiano¹¹ dos usuários para prestar diversos serviços. Um exemplo é o *Video Diary System* (Kawamura, 2002), que utiliza uma interface *wearable* dotada de câmeras que registram todas as atividades do usuário durante o dia. A recuperação de um fato registrado é realizada por meio de índices como localização do usuário, objetos do mundo real, palavras-chave e um sumário do dia (conjunto de quadros-chave referentes a alguns momentos do dia).

Silva et al. (2006) utilizam diversas câmeras (além de microfones e sensores de pressão no piso) para capturar e registrar vídeos sobre as atividades de um usuário em sua casa. O sistema consegue montar um histórico contendo os locais da casa por onde o usuário esteve e em que horários. A interface permite pesquisar o histórico e acessar o vídeo correspondente.

Um dos trabalhos aplicados ao apoio à recuperação de pacientes no domínio de saúde é o reportado por Xu et al. (2006), que explora, entre outros, captura e análise de movimentos e áudio com conceitos de interações multimodais.

6.5.2.2. Anotações em Vídeo

Anotações permitem estender o conteúdo semântico de documentos, sendo utilizadas de diversos modos e em diferentes situações. Especificamente para o caso de anotações em vídeo, as vertentes atuais de pesquisa concentram-se ou na associação manual de metadados ao conteúdo, o que pode ser uma tarefa tediosa, ou na utilização sem estruturação de elementos multimídia para enriquecimento do conteúdo do vídeo. Há, portanto, uma demanda por ferramentas que consigam fornecer interfaces que atraiam e incentivem o usuário a fazer anotações e que ao mesmo tempo produzam, implicitamente, um documento estruturado, instância de um modelo, que possa ser utilizado como facilitador na extração de informações e no processamento das mesmas.

Decurtins et al. (2003) descrevem a relevância de um arcabouço de anotação geral baseada em mais de uma mídia. Entretanto, eles não especificam ou discutem um meio de representar as anotações.

Bulterman (2003) descreve o uso de anotações sobre vídeo e sua apresentação na forma de documentos multimídia SMIL, discutindo e demonstrando a importância na padronização da geração desses conteúdos.

¹¹ Uma fonte importante de referência são os anais dos workshops CARPE que ocorrem, desde 2004, em paralelo com a ACM Multimedia Conference, por exemplo: *CARPE '06 Proceedings of the 3rd ACM workshop on Continuous archival and Retrieval of personal experiences*
<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1178657&jmp=cit&coll=&dl=acm&CFID=15151515&CFTOKEN=6184618#CIT>



```
[23] <par>
[24]   
[26]   
[28] </par>
```

Figura 6.9 Ferramenta que permite a anotação de vídeo (esq) e gera anotações no formato padronizado SMIL (acima) (Bulterman 2003)

O sistema Family Video Archive (Abowd et al., 2003) permite que usuários assistam a vídeos caseiros associando anotações às cenas. Neste sistema, anotações devem descrever quem são as pessoas da cena e em que atividades estão envolvidas. Entretanto as anotações seguem um modelo *ad-hoc* de descrever informação; o sistema permite aos usuários criar suas próprias *tags*, maximizando o significado semântico. Uma das maiores contribuições deste trabalho é a ferramenta semi-automatizada de associação de informação (*tagging*). A desvantagem é o esforço do usuário empregado em localizar a *tag* correta na hierarquia associada quando um número significativo de *tags* já existe no sistema. O esquema proposto é centrado no usuário, facilitando a troca de anotações entre diferentes famílias ou usuários.

O Walden System (White et al., 2003) foi desenvolvido com o intuito de facilitar observações especializadas durante a coleta de dados sobre crianças autistas. A principal tarefa suportada é o preenchimento de formulários de avaliação onde um profissional reporta o comportamento das crianças em relação, por exemplo, a atitudes de socialização com outras crianças. O sistema captura vídeo e permite anotações serem feitas em notas separadas usando tinta eletrônica. Um conjunto de símbolos relacionados a domínio pré-definidos permite aos observadores registrar padrões de comportamentos, o que pode ser analisado manualmente *a posteriori*. Outra possibilidade é a utilização de sensores que permitem identificar automaticamente movimentos dos usuários: os instantes de tempo correspondentes são utilizados, por exemplo, para gerar anotações para o vídeo capturado (Kientz et al., 2007).

A M4Note (Goularte et al., 2004) é uma ferramenta multimodal, desenvolvida em Java, que permite capturar vídeos e fazer anotações ao mesmo tempo. Anotações podem ser feitas por captura de traços na tela ou por reconhecimento de voz e são, em ambos os casos, convertidas para texto. No final do processo de captura, documentos XML são gerados segundo o modelo *MediaObject* (Goularte et al., 2006) com uma composição de referências para toda a mídia capturada: vídeo, áudio, imagens, slides, traços e texto.

Na área de anotações em vídeos, pesquisas têm apontado para a necessidade de se aliar os métodos tradicionais de associação de metadados, como os utilizados no *Family Video Archive*, a métodos de enriquecimento de conteúdo - utilizando tinta eletrônica, imagens, áudio e outras mídias – de modo que um complemente o outro levando a interfaces melhores que tornem a tarefa de anotar menos tediosa para o usuário.

6.5.2.3. Adaptação de Vídeo

Computadores portáteis e telefones celulares que antes eram limitados ao acesso de conteúdo escrito na Internet possuem hoje novas funcionalidades, permitindo o acesso a conteúdos multimídia, como é o caso do vídeo digital. Entretanto, algumas características dos dispositivos móveis, como a capacidade de memória e tamanho da tela, restringem o acesso a esse tipo de conteúdo e, como consequência, os pesquisadores procuram meios para adaptar automaticamente o conteúdo, de acordo com as capacidades de cada dispositivo. A maioria dos trabalhos considera apenas as condições da rede, como a banda utilizada e a perda de pacotes, oferecendo adaptação de conteúdo de modo estático, sendo recente o estudo de alternativas considerando outras características, como as capacidades dos dispositivos. Embora sejam definidos modelos para a adaptação de vídeo, o processo de decisão, isto é, como será aplicada a adaptação a cada caso, ainda possui poucos estudos.

A maioria dos trabalhos que abordam a adaptação de vídeo encontrados na literatura considera apenas o problema da largura de banda disponível e as condições da rede (Magiorini and Riboni, 2005) (Bourgeois et al., 2003) (Chen and Zakhor, 2004). Entretanto, como já foi mencionado, existem outras restrições como o tamanho da tela e capacidade de processamento, limitando o acesso a um fluxo de vídeo. Alguns trabalhos que utilizam essa abordagem mencionam o uso das tecnologias Real Network SureStream (Real, 2002) e do Microsoft Intelligent Streaming (Birney, 2003) que, usando adaptação estática, resolvem o problema da largura de banda. Porém, como explicado na introdução, essa solução é limitada por restringir-se ao número de versões existentes da mídia que foram previamente codificadas.

Alguns trabalhos exploram a adaptação de vídeo sem se restringir apenas à largura de banda, como é o caso do trabalho de Kim et al. (2003, 2004), que afirmam que o problema da adaptação de vídeo envolve a identificação da entidade que representa o conteúdo de vídeo, considerando três espaços: utilidade, recursos e adaptação. Usando uma função de utilidade (UF), eles descrevem a relação desses três espaços e os valores que essa função assume definem um operador de adaptação, isto é, um ponto para a realização da transcodificação do sinal de vídeo. Essas funções são definidas com a ajuda de técnicas de Aprendizado de Máquina, como o algoritmo *k-Harmonic Means*, recondicionando o fluxo de vídeo conforme a UF encontrada. Entretanto, essa abordagem é limitada a uma aproximação analítica aplicável a *codecs* específicos, além de o exemplo demonstrado considerar apenas a largura de banda, deixando em aberto sua aplicação utilizando outras restrições, como as características do dispositivo.

Com o avanço da computação móvel, as pesquisas na área de adaptação de vídeo começaram a explorar meios para contornar as restrições de dispositivo, surgindo a necessidade de representar essas informações para melhor explorá-las. Enquanto a maioria dos trabalhos desenvolve sua própria representação, surgem iniciativas para definir um acesso multimídia universal, surgindo o UMA, um arcabouço proposto pelo MPEG (Moving Picture's Experts Group) para descrever as informações de um conteúdo multimídia. O UMA combina os padrões MPEG-7 (Martinez, 2004), definindo descritores e estruturas para descritores, e o MPEG-21, um arcabouço aberto para o transporte e consumo de multimídia. O UMA não define como será realizado o processo de adaptação e sim parâmetros para a descrição dos elementos necessários ao acesso de um recurso multimídia.

Dentre os trabalhos que definem o processo de adaptação de mídia, Shen et al. (2006) mostram uma nova arquitetura para IPTV (Internet Protocol Television), e Thang et al. (2006) utilizam vídeo escalável usando o padrão MPEG-21. Os dois trabalhos abordam as três dimensões básicas: qualidade do vídeo, tempo (taxa de quadros) e espaço (tamanho de quadro). Entretanto, eles não definem o funcionamento do mecanismo de decisão, realizando a escolha do fluxo mais adequado de modo estático ou deixando a cargo do usuário.

A literatura demonstra que há ainda muito estudo por fazer sobre técnicas para adaptar um fluxo de vídeo considerando outros fatores além da largura de banda. É consenso a necessidade de representar as informações utilizadas no processo de adaptação. Entretanto, boa parte dos trabalhos ainda deixa em aberto como essas informações serão utilizadas no processo de decisão.

6.5.3. Imagem

Em aplicações de computação ubíqua, imagens podem ser utilizadas como apoio a outras mídias, caso mais comum, ou como um meio de se extrair informações importantes para o sistema.

A ferramenta M4Note (Goularte et al., 2004) permite que se adicione tinta eletrônica (anotação manual) sobre imagens, as quais correspondem a um momento específico de um vídeo sendo capturado (Figura 6.10). Ao fazer o *playback* do vídeo capturado, as anotações são exibidas sincronamente.

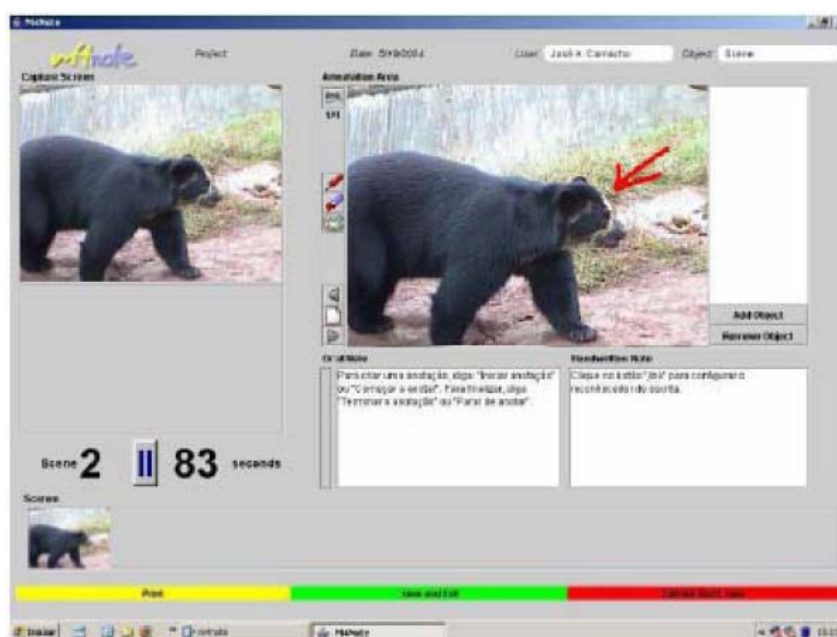


Figura 6.10 – Interface gráfica do M4Note: no canto superior esquerdo fica o painel de visualização do vídeo; no superior direito fica a área de edição whiteboard com a tela selecionada. Embaixo está a linha do tempo com as telas anotadas.

Em outro trabalho sobre anotações, Bulterman (2003) utiliza imagens para enriquecer conteúdo de outras mídias. As imagens são utilizadas como anotações multimídia, complementando ou facilitando o entendimento do vídeo associado (Figura 6.9).

Vários dos trabalhos citados anteriormente também usam imagens como mídia de apoio. Por exemplo, o sistema iClass (Pimentel et al., 2007), como vários outros aplicados ao domínio de educação, captura as anotações do professor, feitas com tinta eletrônica sobre a projeção de um slide, grava as anotações em formato vetorial e grava os slides como imagens. Esses dados, gravados no servidor, são combinados gerando uma nova imagem contendo o slide e as anotações feitas sobre o mesmo. A coleção dos slides e anotações é transformada em uma página Web, a qual é disponibilizada no servidor para acesso futuro por parte dos estudantes.

Lum e Lau (2002) propõem uma função de otimização para decidir qual o melhor formato de imagem a ser entregue a um usuário de um dispositivo portátil acessando a Web. Como um dispositivo portátil tem restrições de memória e de processamento, ele pode não conseguir renderizar certas imagens com alta qualidade. Por meio da função de otimização, o sistema realiza a adaptação da imagem gerando uma outra imagem de menor qualidade. Assim, o sistema é dito estar ciente do contexto ao qual a página está sendo entregue.

Como exemplo de aplicação que usa imagem para gerar informação pode-se citar o trabalho de Liao e Yu (2006). Esses autores usam imagens como um meio para obter informações de localização para dispositivos móveis. A informação de localização (direção, nesse caso) é gerada realizando um *matching* da imagem em tempo real captada pelo dispositivo com uma imagem em 360° da vizinhança de um local qualquer (Figura 6.11). O *matching* é baseado nos horizontes de duas imagens. O horizonte é detectado e codificado com um conjunto de pontos ao qual se aplica a técnica desenvolvida pelos autores.

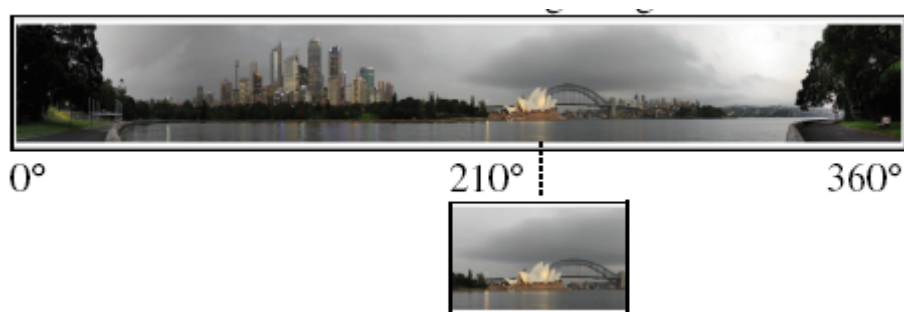


Figura 6.11 – A imagem captada pelo dispositivo (abaixo) é comparada com a imagem em 360° (acima). A comparação é feita extraindo os horizontes das imagens

6.6. Hipermissão em computação ubíqua

No contexto de aplicações de computação ubíqua de modo geral, e de aplicações de captura automática e acesso de informações em particular, o tratamento das informações, uma vez capturadas, deve ser feito de modo a prover os serviços esperados (por exemplo, recuperação do vídeo associado a uma aula capturada) – preferencialmente de modo a levar em consideração o contexto e as necessidades do usuário. Alguns trabalhos que utilizam conceitos de engenharia de documentos, Web semântica e serviços Web são comentados a seguir.

6.6.1. Engenharia de Documentos e Recuperação de Informações

Sob o paradigma de computação ubíqua, observa-se que parte das informações que são trocadas nas experiências diárias poderia ser capturada, transformada em documentos, armazenada, recuperada e apresentada ao longo do tempo. Cenários nos quais esse processo pode ser explorado incluem salas de reunião e salas de aula tradicionais: nestas últimas, o conteúdo de uma disciplina é discutido por um professor e um conjunto de alunos durante várias ocasiões (aulas) ao longo de um ano, por exemplo.

Em salas de aula e de reuniões tradicionais, muitas vezes há discussões e demonstrações que são parte importante do momento presencial. Considerando uma sala de aula (ou reunião) como um ambiente instrumentado com lousas eletrônicas, câmeras e microfones, uma sessão de captura automática providenciaria a captura do material apresentado e das discussões realizadas – utilizando as câmeras de vídeo, microfones, projetores e lousas eletrônicas. As informações gravadas são acessadas *a posteriori* na forma de um documento hipermídia disponibilizado para os participantes da aula ou reunião.

Pesquisadores originalmente desenvolveram o sistema *eClass* (Figura 6.12) para capturar informações de uma sala de aula convencional: slides, tinta eletrônica de dispositivos baseados em caneta eletrônica, navegação Web, áudio e vídeo. Toda essa informação é automaticamente transformada em um documento multimídia disponibilizado na Web, e armazenado em um servidor para acesso futuro. A avaliação baseada no uso, pelos alunos, dos hiperdocumentos Web gerados, mostrou a utilidade desse tipo de aplicação (Brotherton e Abowd, 2004). Pimentel et al. (2000) discutem a geração de documentos Web a partir da interação do usuário com os vários equipamentos de captura. Construído para ser integrado ao *eClass*, o sistema *StuPAD* (Truong et al., 2001) explora o trabalho colaborativo colocado e síncrono entre professores e alunos, gerando documentos hipermídia *a posteriori*.

O sistema *iClass* (Pimentel et al., 2007), inspirado no *eClass*, apoia a captura de informação por usuários móveis, por exemplo em aulas de laboratório ou em missões em campo (ver Figura 6.7). Para apresentação da informação capturada, o sistema explora várias alternativas para criação automática de ligações entre o conteúdo capturado (Macedo et al., 2007).

A ferramenta *SmartClassroom* (Shi et al., 2003) suporta sessões ao vivo distribuídas, permitindo que estudantes visualizem sincronamente os slides do professor, as anotações feitas pelo professor com tinta eletrônica, bem com o áudio e o vídeo do professor capturados por câmeras e microfones (Figura 6.13). O sistema faz uso de agentes de software para fornecer autenticação dos usuários, e controle de câmera, entre outros.

O *Authoring on the Fly* (Figura 6.14) também suporta comunicação síncrona remota entre os participantes (Müeller e Ottmann, 2000).

LiteMinutes (Chiu et al., 2001) provê suporte a reuniões por meio de um conjunto integrado de servidores que capturam e realizam o *playback* de mídias como anotações, slides, áudio e vídeo, assim como dos metadados associados. Reusando infra-estruturas existentes, a arquitetura do *LiteMinutes* explora a Web assim como e-mail e servidores

multimídia como plataforma para publicar e acessar (em um momento futuro) a informação capturada.

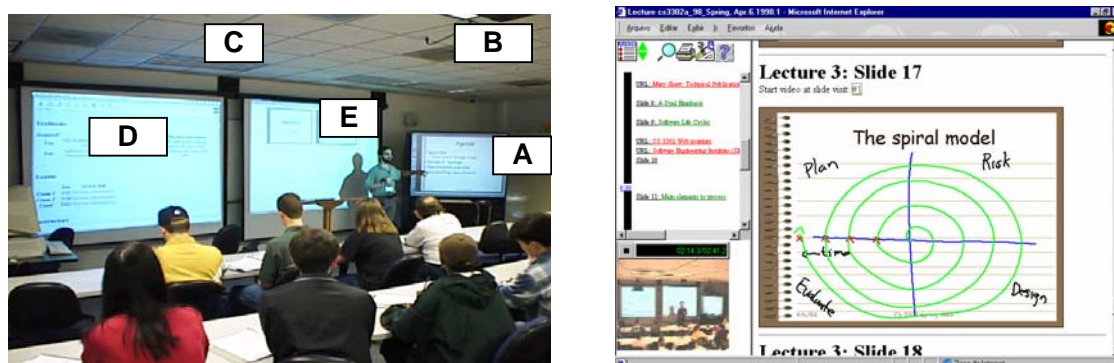


Figura 6.12 – eClass (Brotherton e Abowd, 2004): captura (esq) e documento gerado (dir)

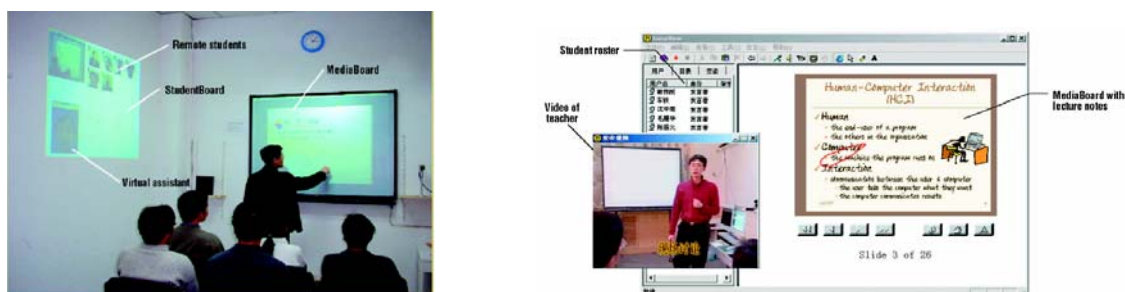


Figura 6.13 – SmartClassroom (Shi et al, 2003): captura (esq) e documento gerado (dir)

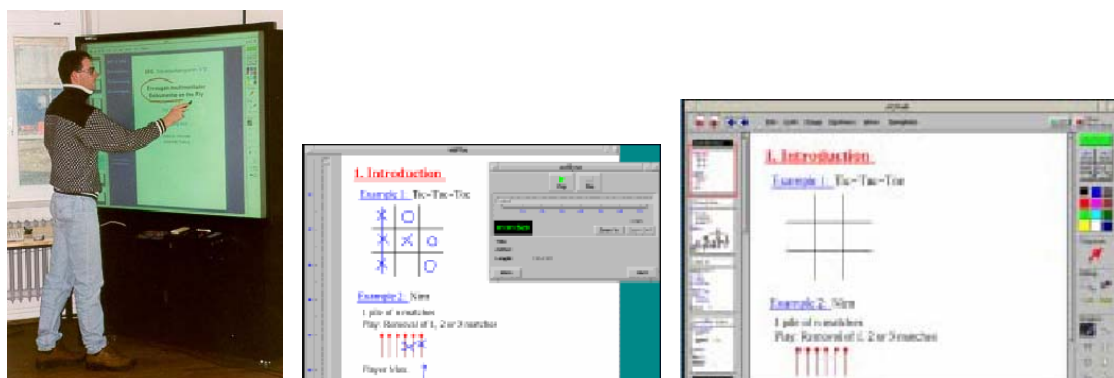


Figura 6.14 – Authoring on the Fly (Müller e Ottomann, 2000): captura (esq e meio) e documento gerado (dir)

Muitos trabalhos reconhecem a importância da geração de documentos estruturados padronizados como resultado da captura da informação, como discutido amplamente por Pimentel et al. (2000) e Macedo et al. (2004). No contexto de aplicações cientes ao contexto, Dey (2001) explorou documentos XML para comunicação dos serviços de monitoramento de sensores projetado em seu *Context Toolkit*. No contexto de hiperdocumentos multimídia, Bulterman (2003) demonstra a geração de documentos SMIL como resultado das anotações realizadas com caneta eletrônica sobre vídeo.

Finalmente, é importante observar que muitas das pesquisas na área exploram algoritmos de recuperação de informação para a busca e apresentação de informação relevante, como ilustrado pelo trabalho de Macedo et al. (2004).

6.6.2. Web Semântica

O projeto *Cooltown* (Kindber et al., 2002) foi dos pioneiros a explorar a Web como infra-estrutura de apoio. Antes da formalização do conceito de serviços Web como conhecido hoje, os autores propunham que todos os dispositivos envolvidos na aplicação – *people, places, things* – fossem provedores de serviços acessados via Web.

Reconhecendo a importância de explorar padrões e os inúmeros recursos desenvolvidos no contexto da Web Semântica, pesquisadores têm proposto e utilizado ontologias para o suporte ao desenvolvimento de aplicações. Um exemplo é o trabalho de Wang et al. (2004): os autores utilizam ontologias para representar e realizar consultas em ambientes instrumentados definidos como *Smartspace*s, como ilustrado na Figura 6.15. Outros exemplos são os trabalhos de Hatala (2004), Bulcão Neto e Pimentel (2006) e Kim et al. (2004) (Figura 6.16).

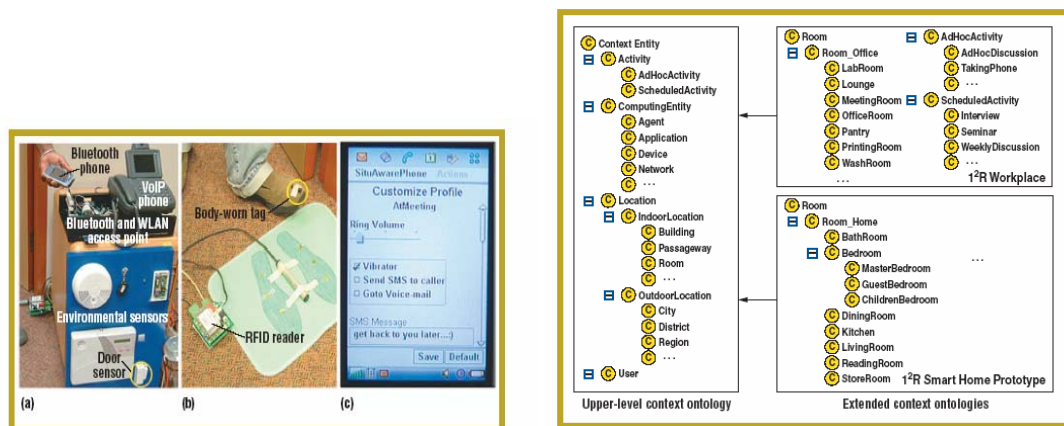


Figura 6.15 – Smartspace (Wang et al 2004): ambiente (esq) e ontologia (dir)

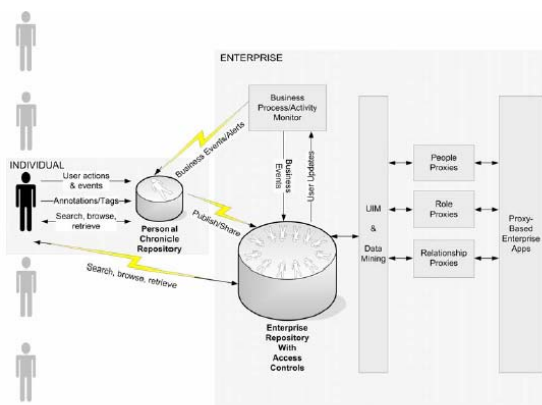


Figure 1 Personal chronicling tools in the enterprise

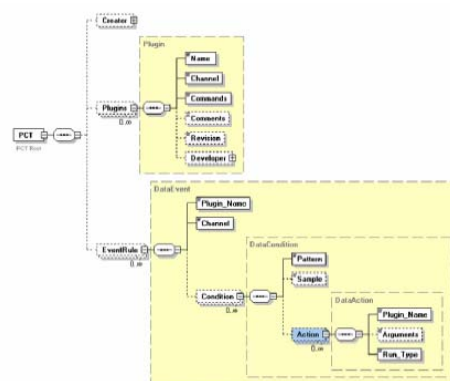


Figure 4. Schema of PCT Application

Figura 6.16 – Personal chronicling (Kim et al 2004): arquitetura (esq) e ontologia (dir)

Gu et al. (2004) exploram recursos baseados em ontologias no projeto e implementação de infra-estrutura por eles proposta para construção de aplicações sensíveis a contexto.

Ranganathan et al. (2002) exploraram ontologias para tratamento de informações de contexto em uma aplicação já ubíqua para muitos – online chat.

O trabalho de Wijnalda et al. (2005), aplicado ao domínio de esportes, utiliza processamento de ontologias para seleção, especificação e seleção de músicas consideradas as mais apropriadas. Russel (2004) reporta o uso de recursos da Web semântica para o tratamento da informação dos muitos sensores disponibilizados na cidade de Seattle.

O uso da Web semântica tem seu custo, naturalmente, e alguns autores têm se preocupado em prover suporte tanto para a construção de aplicações ubíquas que exploram ontologias (Bulcão Neto et al., 2006), como na avaliação da performance dos serviços utilizados para processar as ontologias (Bulcão e Pimentel, 2006).

6.7. Interação usuário-computador

Muitas das pesquisas em computação ubíqua são realizadas no contexto de investigações da área de interação usuário-computador¹².

Inúmeros autores têm *investigado problema de usabilidade no contexto de computação ubíqua*. Abowd et al (2002), por exemplo, discutem métricas para avaliar o quão ubíqua é, de fato, uma aplicação.

Outros autores discutem aspectos de usabilidades relacionados à adaptabilidade (Kim et al, 2003, 2004) (Figura 6.13), acessibilidade (Ho-Ching et al., 2003), avaliação (Kientz et al., 2007) (John et al., 2005) (Reilly et al, 2005) (Mankoff et al., 2003) e à interação com múltiplas mídias (MacIntyre e Feiner, 1996)

Dada a dificuldade de construção de aplicações de computação ubíqua, autores têm investigado abordagens relacionadas à prototipação de aplicações de modo geral (Dow et al., 2005) (Carter e Mankoff, 2005) (Abowd et al., 2005) (Blackwell et al., 2005) (Bohlen et al., 2005), e de aplicações para dispositivos móveis de modo particular (Blom et al, 2005), (Kangas e Kinnunen, 2005) (Drugge et al. 2006).

Várias técnicas de prototipação clássicas da área de interação usuário-computador têm sido adaptadas para o desenvolvimento de aplicações de computação ubíqua como, por exemplo, a técnica de projeto centrado no usuário (Badram e Christensen, 2007) (Sá et al., 2007) (Fitton et al., 2005) (Kangas et al, 2005), a técnica de prototipação via Mágico de Oz (Dow et al, 2005), e criação de *toolkits* (Stringer et al., 2005) (Helal, 2005).

6.8. Considerações Finais

Na revisão da literatura apresentada neste texto fica claro o quão relacionadas estão as pesquisas na área de computação ubíqua com as pesquisas das áreas de multimídia, Web semântica e engenharia de documentos.

Observa-se, como oportunidades de pesquisa, que pesquisadores dessas várias áreas podem explorar e utilizar resultados uns dos outros, bem como podem produzir impacto

¹² Ver as muitas referências citadas neste texto que são publicadas em veículos tais como *ACM CHI Conference*, *ACH UIST Conference* e *ACM Interactions*, entre outros.

significativo não apenas em suas áreas de origem, mas também nas várias áreas discutidas.

6.9. References

- Abowd, G.D.; Mynatt, E.D.; Rodden, T. (2002) The Human Experience, *IEEE Pervasive Computing*, v.1, n.1, p.48-57, <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/MPRV.2002.993144>
- Abowd, G. D.; Gauger, M.; Lachenmann, A. 2003. The Family Video Archive: an annotation and browsing environment for home movies, *Proceedings of the 5th ACM SIGMM international Workshop on Multimedia information Retrieval*, p. 1–8. <http://doi.acm.org/10.1145/973264.973266>
- Abowd, G.D; Hayes, G.R.; Iachello, G.; Kientz, J.; Patel, S.N.; Stevens, M.M; Truong, K.N. (2005) Prototypes and Paratypes: Designing Mobile and Ubiquitous Computing Applications, *IEEE Pervasive Computing* , vol. 04, no. 4, p. 67-73.
- Aizawa, K., Tancharoen, D., Kawasaki, S., and Yamasaki, T. (2004). Efficient retrieval of life log based on context and content. In *Proc. 1st ACM Workshop on Continuous Archival and Retrieval of Personal Experiences CARPE'04*. ACM Press, p.22-31. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/1026653.1026656>
- Arikawa, M.; Konomi, S.; Ohnishi, S. (2007) Navitime: Supporting Pedestrian Navigation in the Real World, *IEEE Pervasive Computing* , v. 6, n.3, p. 21-29.
- Azuma, R. 2004. (2004) Overview of augmented reality. In *ACM SIGGRAPH 2004 Course Notes* (Los Angeles, CA, August 08 - 12, 2004). SIGGRAPH '04. ACM Press, New York, NY, 26. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/1103900.1103926>
- Bahl, V. 1999. A reflection on Mark Weiser. (1999) *SIGMOBILE Mob. Comput. Commun. Rev.* v.3, n. 3, p.1. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/329124.329125>
- Bardram, J. E. (2004) Applications of context-aware computing in hospital work: examples and design principles. In *Proceedings of the 2004 ACM Symposium on Applied Computing* (Nicosia, Cyprus, March 14 - 17, 2004). SAC '04. ACM Press, New York, NY, 1574-1579. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/967900.968215>
- Bardram, J.E.; Christensen, H.B. (2007) Pervasive Computing Support for Hospitals: An overview of the Activity-Based Computing Project, *IEEE Pervasive Computing* , v. 06, n. 1, p. 44-51.
- Barrington, L., Lyons, M. J., Diegmann, D., and Abe, S. (2006). Ambient Display using Musical Effects. In *Proceedings of the 11th international Conference on intelligent User interfaces IUI '06*. ACM Press, p.372-374. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/1111449.1111541>
- Bassoli, A.; Brewer, J.; Martin, K.; Dourish, P.; (2007) Mainwaring, S.; Underground Aesthetics: Rethinking Urban Computing, *IEEE Pervasive Computing* , v. 6, n.3, p. 39-45.
- Beetz, M.; Kirchlechner, B; Lames, M. (2005) Computerized Real-Time Analysis of Football Games, *IEEE Pervasive Computing* , v. 4, n. 3, p. 33-39.
- Beigl, M., Gellersen, H.-W., & Schmidt, A. (2001). MediaCups: experience with design and use of computer- augmented everyday artefacts. *Computer Networks*, v.35, n.4, 401-409. [http://dx.doi.org/10.1016/S1389-1286\(00\)00180-8](http://dx.doi.org/10.1016/S1389-1286(00)00180-8)

- Bellavista, P., Stefanelli, C., Tortonesi, M. (2004) The ubiQoS Middleware for Audio Streaming to Bluetooth Devices *IEEE International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services (MobiQuitous'04)*, p. 138 – 145.
- Birney, B. (2003) *Microsoft's intelligent streaming*. [Online]. Available: <http://www.microsoft.com/windows/windowsmedia/howto/articles/intstreaming.aspx>
- Blackwell, A.F.; Edge, D.; Dubuc, L.; Rode, J.; Stringer, M.; Toye, E. (2005) Using Solid Diagrams for Tangible Interface Prototyping, *IEEE Pervasive Computing*, vol. 04, no. 4, p. 74-77.
- Blom, J., Chipchase, J., and Lehtikainen, J. (2005). Contextual and cultural challenges for user mobility research. *Commun. ACM* v.48, n.7, p.37-41. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/1070838.1070863>
- Bohlen, M.; Fabian, J.; Pfeifer, D.; Rinker, J.; Hartmann, B.; Klemmer, S.K.; Bernstein, M.; Loke, S.; Ling, S. (2005) Prototypes in Pervasive Computing, *IEEE Pervasive Computing*, vol. 04, no. 4, p. 78-80.
- Borriello, G., Chalmers, M., LaMarca, A., and Nixon, P. (2005) Delivering real-world ubiquitous location systems. *Commun. ACM* 48, v.3, n.3, p. 36-41. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/1047671.1047701>
- Borriello, G.; Stanford, S.; Narayanaswami, C.; Menning, W. (2007) Guest Editors' Introduction: Pervasive Computing in Healthcare, *IEEE Pervasive Computing*, v. 06, n. 1, p.17-19.
- Bourgeois, J., Mory, E., Spies, F. (2003) Video transmission adaptation on mobile devices, *Journal of System Architecture*, v. 49, n. 10-11, p. 475–484.
- Brashear, H., Henderson, V., Park, K., Hamilton, H., Lee, S., and Starner, T. (2006). American sign language recognition in game development for deaf children. In *Proceedings of the 8th international ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*. p.79-86. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/1168987.1169002>
- Brotherton, J., Abowd, G. (2004) Lessons Learned from eClass: Assessing Automated Capture and Access in the Classroom, *ACM Trans. Computer-Human Interaction*, v. 11, n. 2, p. 121–155.
- Bulcão Neto, R. F., Kudo, T. N., Pimentel, M.G.C (2006). Using a software process for ontology-based context-aware computing: a case study. In *Proceedings of the 12th Brazilian Symposium on Multimedia and the Web*. ACM Press, p. 61-70. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/1186595.1186604>
- Bulcão Neto, R. F; Pimentel, M.G.C. (2006). Performance evaluation of inference services for ubiquitous computing. In *Proceedings of the 12th Brazilian Symposium on Multimedia and the Web*. ACM Press, p.27-34. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/1186595.1186600>
- Bulterman, D. C. A. (2003), Using SMIL to encode interactive, peer-level multimedia annotations. In *Proceedings of the 2003 ACM Symposium on Document Engineering*, p. 32-41. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/958220.958228>
- Carter, S.; Mankoff, J. (2005) Prototypes in the Wild: Lessons from Three Ubicomp Systems, *IEEE Pervasive Computing*, vol. 04, no. 4, p. 51-57.
- Clarkson, E., Lyons, K., Clawson, J., and Starner, T. (2007). Revisiting and validating a model of two-thumb text entry. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. CHI '07. ACM Press, New York, NY, 163-166. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/1240624.1240650>

- Clarkson, E., Clawson, J., Lyons, K., and Starner, T. 2005. An empirical study of typing rates on mini-QWERTY keyboards. In *CHI '05 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*. CHI '05. ACM Press, New York, NY, 1288-1291. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/1056808.1056898>
- Chen et al. (2003) *IEEE Pervasive Computing* v2., n2, pp 49-57
- Chen, M.; Zakhor, A. (2004) Rate control for streaming video over wireless, *INFOCOM 2004. Twenty-third Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies*, v. 2, p. 1181– 1190.
- Cheng, S.Y.; Trivedi, M.M. (2006) Turn-Intent Analysis Using Body Pose for Intelligent Driver Assistance, *IEEE Pervasive Computing* , v. 5, n. 4, pp. 28-37.
- Chevalerias, O.; O'Donnell, T.; Power, D.; O'Donovan, N; Duffy, G; Grant, G.; O'Mathuna, S. (2005) Inductive Telemetry of Multiple Sensor Modules, *IEEE Pervasive Computing* , vol. 04, no. 1, pp. 46-52.
- Chiu, P.; Boreczky, J.; Girgensohn, A.; and Kimber, D. (2001). LiteMinutes: an Internet-based system for multimedia meeting minutes. In *Proceedings of the 10th international Conference on World Wide Web WWW '01*. NY, 140-149. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/371920.371971>
- Chi, E.H.; Borriello, G.; Hunt, G.; Davies, N. (2005) Guest Editors' Introduction: Pervasive Computing in Sports Technologies, *IEEE Pervasive Computing* , v. 4, n. 3, p. 22-25.
- Chi, E.H (2005) Introducing Wearable Force Sensors in Martial Arts, *IEEE Pervasive Computing* , v. 4, n. 3, p. 47-53.
- Consolvo, S.; Towle, J. (2005) Evaluating an ambient display for the home. In *CHI '05 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*. CHI '05. ACM Press, p.1304-1307. c
- Coutaz, J., Crowley, J. L., Dobson, S., and Garlan, D. (2005) Context is key. *Commun. ACM* 48, 3 (Mar. 2005), 49-53. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/1047671.1047703>
- de Sa, M. Carrico, L. ;Antunes, P. (2007) Ubiquitous Psychotherapy, *IEEE Pervasive Computing* , v. 06, n. 1, p. 20-27.
- Davies, N.; Cheverst, K.; Mitchell, K.; Efrat, A. (2001) Using and Determining Location in a Context-Sensitive Tour Guide. *Computer* v.34, n. 8, p. 35-41. DOI= <http://dx.doi.org/10.1109/2.940011>
- Decurtins, C., Norrie, M. C., Signer, B. (2003) Digital annotation of printed documents. 12th international Conference on information and Knowledge Management, p. 552–555.
- Dekleva, S., Shim, J., Varshney, U., and Knoerzer, G. 2007. Evolution and emerging issues in mobile wireless networks. *Commun. ACM* 50, 6 (Jun. 2007), 38-43. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/1247001.1247003>
- Dey, A. K. and Mankoff, J. (2005) Designing mediation for context-aware applications. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.* v.12, n.1, p.53-80. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/1057237.1057241>
- Dey, A. (2001) Understanding and Using Context. *Personal Ubiquitous Comput.* v.5, n.1, p.4-7. DOI= <http://dx.doi.org/10.1007/s007790170019>

- Dow, S.; MacIntyre, B.; Lee, J.; Oezbek, C.; Bolter, J.D.; Gandy, M. (2005) Wizard of Oz Support throughout an Iterative Design Process, *IEEE Pervasive Computing*, vol. 04, no. 4, p. 18-26.
- Dow, S., Mehta, M., Harmon, E., MacIntyre, B., and Mateas, M. (2007). Presence and engagement in an interactive drama. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. CHI '07. ACM Press, New York, NY, p.1475-1484. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/1240624.1240847>
- Drugge, M.; Hallberg, J.; Parnes, P.; Synnes, K. (2006) Wearable Systems in Nursing Home Care: Prototyping Experience, *IEEE Pervasive Computing*, v. 5, n.1, p.86-91, <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/MPRV.2006.20>
- Ellis, D. P.W. and Lee, K. (2004) Minimal-impact audio-based personal archives. In *Proceedings of the the 1st ACM Workshop on Continuous Archival and Retrieval of Personal Experiences*. CARPE'04. ACM Press, p.39-47. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/1026653.1026659>
- Elrod, S., Bruce, R., Gold, R., Goldberg, D., Halasz, F., Janssen, W., Lee, D., McCall, K., Pedersen, E., Pier, K., Tang, J., and Welch, B. (1992) Liveboard: a large interactive display supporting group meetings, presentations, and remote collaboration. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. CHI '92. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/142750.143052>
- Farkas, K.I.; Heidemann, H.; Iftode, L. (2006) Guest Editors' Introduction: Intelligent Transportation and Pervasive Computing, *IEEE Pervasive Computing*, v. 5, n. 4, pp. 18-19.
- Feiner, S., Macintyre, B., and Seligmann, D. (1993). Knowledge-based augmented reality. *Commun. ACM* v. 36, n. 7 (Jul. 1993), 53-62. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/159544.159587>
- Fitton, D.; Cheverst, K.; Kray, C.; Dix, D.; Rouncefield, M.; Saslis-Lagoudakis, G. (2005) Rapid Prototyping and User-Centered Design of Interactive Display-Based Systems, *IEEE Pervasive Computing*, vol. 04, no. 4, p. 58-66.
- Giuli, T.; Watson, D.; Prasad, K.V; (2006) The Last Inch at 70 Miles Per Hour, *IEEE Pervasive Computing*, v. 5, n. 4, pp. 20-27.
- Goularte, R., Camacho-Guerrero, J. A., Inacio Junior, V. R., Cattelan, R. G., Pimentel, M. G. C. (2004). M4Note: a multimodal tool for multimedia annotation, *2nd IW3C2 Latin American Web Congress*, p. 142-149. IEEE CS Press. <http://dx.doi.org/10.1109/WEBMED.2004.134816>
- Goularte, R., Pimentel, M. G. C., Moreira, E. D. S. (2006) *Context-Aware Support in Structured Documents for Interactive-TV*. Springer/ACM Multimedia Systems Journal, v.11, n. 4, p. 367-382.
- Gu, T., Pung, H. K., and Zhang, D. Q. (2005) A service-oriented middleware for building context-aware services. *J. Netw. Comput. Appl.* v.28, n.1 p. 1-18. DOI= <http://dx.doi.org/10.1016/j.jnca.2004.06.002>
- Hansen, T. R., Bardram, J. (2005) ActiveTheatre - A Collaborative, Event-Based Capture and Access System for the Operating Theatre, *UbiComp 2005: Ubiquitous Computing*, LNCS 3660, Springer, 2005, p. 375-392.
- Hansen, T.R.; Bardram, J.E; Soegaard, M. (2006) Moving Out of the Lab: Deploying Pervasive Technologies in a Hospital, *IEEE Pervasive Computing*, v. 5, n. 3, pp. 24-31, July-September, 2006

- Hatala, M., Kalantari, L., Wakkary, R., Newby, K. (2004) *Ontology and Rule based Retrieval of Sound Objects in Augmented Audio Reality System for Museum Visitors*, ACM Symposium on Applied Computing (ACM SAC04), p. 1045-1050.
- Hayes, H.L; Pavel, M.; Larimer, N.; Tsay, I.A; Nutt, J.; Adami, A.G; (2007) Distributed Healthcare: Simultaneous Assessment of Multiple Individuals, *IEEE Pervasive Computing* , v. 6, n. 1, p. 36-43.
- Heiner, J. M., Hudson, S. E., and Tanaka, K. (1999). The information percolator: ambient information display in a decorative object. In *Proceedings of the 12th Annual ACM Symposium on User interface Software and Technology*. UIST '99. ACM Press, p. 141-148. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/320719.322595>
- Helal, S. (2005) Programming Pervasive Spaces, *IEEE Pervasive Computing* , vol. 04, no. 1, pp. 84-87.
- Jonathan Hey, Scott Carter, (2005) Pervasive Computing in Sports Training, *IEEE Pervasive Computing* , v. 4, n. 3, p. 54.
- John, B.E.; Salvucci, D.D. (2005) Multipurpose Prototypes for Assessing User Interfaces in Pervasive Computing Systems, *IEEE Pervasive Computing* , vol. 04, no. 4, p. 27-34.
- Hightower, J.; Borriello, G. (2001) Location Systems for Ubiquitous Computing. *Computer* 34, v.8, n.8, p. 57-66. DOI= <http://dx.doi.org/10.1109/2.940014>
- Ho-Ching, F. W., Mankoff, J., and Landay, J. A. (2003). Can you see what i hear?: the design and evaluation of a peripheral sound display for the deaf. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. CHI '03. ACM Press, p. 161-168. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/642611.642641>
- Hoh, B.; Gruteser, M.; Xiong, H.; Alrabady, A. (2006) Enhancing Security and Privacy in Traffic-Monitoring Systems, *IEEE Pervasive Computing* , v. 5, n. 4, pp. 38-46.
- Iachello, G.; Smith, I.; Consolvo, S.; Chen, M.; Abowd, G.D. (2005) *Developing Privacy Guidelines for Social Location Disclosure Applications and Services*, Proc. 2005 Symposium On Usable Privacy and Security (SOUPS), p. 65-76
- Kangas, E. and Kinnunen, T. (2005). Applying user-centered design to mobile application development. *Commun. ACM* v.48, n.7, p.55-59. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/1070838.1070866>
- Kawamura, T.; Kono, Y.; Kidode, M. (2002) Wearable Interfaces for a Video Diary: Towards Memory Retrieval, Exchange, and Transportation, p. 31, Sixth International Symposium on Wearable Computers (ISWC'02).
- Kientz, J.K; Hayes, G.H.; Westeyn, T.L.; Starner, T.; Abowd, G.D. (2007) Pervasive Computing and Autism: Assisting Caregivers of Children with Special Needs, *IEEE Pervasive Computing* , v. 06, n. 1, p. 28-35.
- Kim, J. G., Wang, Y., Chang, S. F. (2003) *Content-adaptive utility-based video adaptation*, Multimedia and Expo, 2003. ICME '03 International Conference, v. 3, p. 281-284.
- Kindberg, T.; Chalmers, M; Paulos, E. (2007) Guest Editors' Introduction: Urban Computing, *IEEE Pervasive Computing* , v. 6, n.3, p. 18-20.
- Kientz, J.K; Hayes, G.H.; Westeyn, T.L.; Starner, T.; Abowd, G.D. (2007) Pervasive Computing and Autism: Assisting Caregivers of Children with Special Needs, *IEEE Pervasive Computing* , v. 06, n. 1, p. 28-35.

- Knoerlein, B., Székely, G., and Harders, M. (2007) Visuo-haptic collaborative augmented reality ping-pong. In *Proceedings of the international Conference on Advances in Computer Entertainment Technology* (Salzburg, Austria, June 13 - 15, 2007). ACE '07, vol. 203. ACM Press, New York, NY, 91-94. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/1255047.1255065>
- Kim et al. (2004) Personal chronicling tools for enhancing information archival and collaboration in enterprises. In *Proceedings of the the 1st ACM Workshop on Continuous Archival and Retrieval of Personal Experiences*. CARPE'04. p. 56-65. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/1026653.1026654>
- Kindberg, T., Barton, J., Morgan, J., Becker, G., Caswell, D., Debaty, P., Gopal, G., Frid, M., Krishnan, V., Morris, H., Schettino, J., Serra, B., and Spasojevic, M. (2002) People, places, things: Web presence for the real world. *Mob. Netw. Appl.* v.7, n.5, p.365-376. DOI= <http://dx.doi.org/10.1023/A:1016591616731>
- Lahlou, S., Langheinrich, M., and Röcker, C. (2005). Privacy and trust issues with invisible computers. *Commun. ACM* vl.48, n.3, p.59-60. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/1047671.1047705>
- Lal, A.; Duggirala, R.; Li, H. (2005) Pervasive Power: A Radioisotope-Powered Piezoelectric Generator, *IEEE Pervasive Computing* , vol. 04, no. 1, pp. 53-61.
- Liafo, H., Yu, C. (2006) An Image-based Approach to Generate Direction Information for Context-Aware Computing, *Proceedings of the IEEE International Conference on Sensor Networks, Ubiquitous, and Trustworthy Computing (SUTC'06)*, v. 1, p. 152-159.
- Lyytinen, K. and Yoo, Y. (2002) Introduction. *Commun. ACM* v.45, n.12, p.62-65. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/585597.585616>
- Lum, W.Y., Lau, F.C.M. (2002), *A context-aware decision engine for content adaptation*. IEEE Pervasive Computing, v. 1, n. 3, p. 41-49. <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/MPRV.2002.1037721>
- MacIntyre, B., Bolter, J. D., Vaughan, J., Hannigan, B., Moreno, E., Haas, M., and Gandy, M. (2002). Three angry men: dramatizing point-of-view using augmented reality. In *ACM SIGGRAPH 2002 Conference Abstracts and Applications*. SIGGRAPH '02. ACM Press, New York, NY, 268-268. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/1242073.1242281>
- MacIntyre, B., Mynatt, E. D., Volda, S., Hansen, K. M., Tullio, J., and Corso, G. M. (2001). Support for multitasking and background awareness using interactive peripheral displays. In *Proceedings of the 14th Annual ACM Symposium on User interface Software and Technology*. UIST '01. ACM Press, New York, NY, p. 41-50. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/502348.502355>
- MacIntyre, B. and Feiner, S. (1996). Future multimedia user interfaces. *Multimedia Syst.* 4, 5 (Oct. 1996), 250-268. DOI= <http://dx.doi.org/10.1007/s005300050027>
- Maggiorini, D., Riboni, D. (2005) Continuous media adaptation for mobile computing using coarse-grained asynchronous notifications, *2005 Symposium on Applications and the Internet*, p. 162–165.
- Mankoff, J., Dey, A. K., Hsieh, G., Kientz, J., Lederer, S., and Ames, M. (2003). Heuristic evaluation of ambient displays. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '03*. ACM Press, New York, NY, p.169-176. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/642611.642642>

- Mann, S. (2004) Continuous lifelong capture of personal experience with EyeTap. In *Proceedings of the the 1st ACM Workshop on Continuous Archival and Retrieval of Personal Experiences* (New York, New York, USA, October 15 - 15, 2004). CARPE'04. p. 1-21. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/1026653.1026654>
- Martinez, J. M. (2004), Mpeg-7 content description for universal multimedia access, *MPEG-7 Overview (version 10)*. [Online]. Available: <http://www.chiariglione.org/mpeg/standards/mpeg-7/mpeg-7.htm>
- Meyer, S. and Rakotonirainy, A. (2003). A survey of research on context-aware homes. In *Proceedings of the Australasian information Security Workshop Conference on ACSW Frontiers 2003 - Volume 21*. C. Johnson, P. Montague, and C. Stokette, Eds. Conferences in Research and Practice in Information Technology Series, v.34. Australian Computer Society, p. 159-168.
- Macedo, A. A., Camacho-Guerrero, J. A., Cattelan, R. G., Inacio, V. R., Pimentel, M G. (2004) Interaction alternatives for linking everyday presentations. In *Proceedings of the Fifteenth ACM Conference on Hypertext and Hypermedia*. HYPERTEXT '04. ACM Press, New York, NY, 112-113. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/1012807.1012840>
- Minneman, S., Harrison, S., Janssen, B., Kurtenbach, G., Moran, T., Smith, I., and van Melle, B. (1995). A confederation of tools for capturing and accessing collaborative activity. In *Proceedings of the Third ACM international Conference on Multimedia*. p. 523-534. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/217279.215316>
- Michahelles, F.; Schiele, B. (2005) Sensing and Monitoring Professional Skiers, *IEEE Pervasive Computing* , v. 4, n. 3, p. 40-46.
- Mukhopadhyay, S.; Smith, B. (1999) Passive capture and structuring of lectures. In *Proceedings of the Seventh ACM international Conference on Multimedia (Part 1)*. MULTIMEDIA '99. p.477-487. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/319463.319690>
- Müller, R.; Ottmann, T. (2000) The Authoring on the Fly system for automated recording and replay of (tele) presentations. *ACM/Springer Multimedia Systems Journal*, n. 8(3), p. 158-176.
- Mynatt, E., Blattner, D., Blattner, M. M., MacIntyre, B., and Mankoff, J. (1998). Augmenting home and office environments. In *Proceedings of the Third international ACM Conference on Assistive Technologies*. Assets '98. ACM Press, New York, NY, 169-172. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/274497.274529>
- Nagel, K.; Kidd, C.; O'Connell, T.; Dey, A.; Abowd, G.D (2001) *The Family Intercom: Developing a context-aware audio communication system*. In G. Abowd, B. Brumitt, and S. Shafer, editors, *Ubicomp 2001: Ubiquitous Computing*, Lecture Notes in Computer Science Series 2201, pages 176--183. Springer-Verlag, 2001
- Newman, M.W.; Smith, F.S.; Schilit, B.N. (2006) Recipes for Digital Living, *Computer* ,vol. 39, no. 2, pp. 104-106.
- Nourbakhsh, I.R.; Sycara, K.; Koes, M.; Yong, M.; Lewis, M.; Burion, S. (2005) Human-Robot Teaming for Search and Rescue, *IEEE Pervasive Computing* , vol. 04, no. 1, pp. 72-78.
- Ohkubo, M., Suzuki, K., and Kinoshita, S. (2005). RFID privacy issues and technical challenges. *Commun. ACM* v.48, n.9, p.66-71. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/1081992.1082022>

- Orr, R. J. and Abowd, G. D. (2000) The smart floor: a mechanism for natural user identification and tracking. In *CHI '00 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* CHI '00. ACM Press, p. 275-276. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/633292.633453>
- Paradiso, J.; Starner, T. (2005) Energy Scavenging for Mobile and Wireless Electronics, *IEEE Pervasive Computing* , vol. 04, no. 1, pp. 18-27.
- Pedersen, E. R., McCall, K., Moran, T. P., and Halasz, F. G. (1993) Tivoli: an electronic whiteboard for informal workgroup meetings. In *Proceedings of the INTERACT '93 and CHI '93 Conference on Human Factors in Computing Systems*. ACM Press, p.391-398. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/169059.169309>
- Philipose, M.; Smith, J.R.; Jiang, B.; Mamishev, A.; Roy, S.; Sundara-Rajan, K. (2005) Battery-free Wireless Identification and Sensing, *IEEE Pervasive Computing* , vol. 04, no. 1, pp. 37-45.
- Pimentel, M.G, Abowd, G. D., and Ishiguro, Y. (2000). Linking by interacting: a paradigm for authoring hypertext. In *Proceedings of the Eleventh ACM on Hypertext and Hypermedia*. HYPERTEXT '00. ACM Press, New York, NY, 39-48. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/336296.336315>
- Ranganathan, A.; Campbell,R.H., Ravi, A.; Mahajan, A. ConChat: A Context-Aware Chat Program. *Pervasive Computing* , v.1, no. 3, p. 51-57.
- Ranganathan, A. and Campbell, R. (2003) An infrastructure for context-awareness based on first order logic. *Personal Ubiquitous Comput.* v.7, n.6, p.353-364. DOI= <http://dx.doi.org/10.1007/s00779-003-0251-x>
- Reades, J.; Calabrese, F.; Sevtsuk, A.; Ratti, C. (2007) Cellular Census: Explorations in Urban Data Collection, *IEEE Pervasive Computing* , v. 6, n.3, p. 30-38.
- Real Networks (2002), *Real's surestream technology*, (2002) [Online]. Available: <http://service.real.com/help/library/guides/realone/ProductionGuide/HTML/htmlfiles/realsys.htm#64854>
- Reilly, D.; Dearman,D.; Welsman-Dinelle, M.; Inkpen, K. (2005) Evaluating Early Prototypes in Context: Trade-offs, Challenges, and Successes, *IEEE Pervasive Computing* , vol. 04, no. 4, p. 42-50.
- Roundy,S.; Leland, E.; Baker, J.; Carleton, E.; Reilly, E.; Lai, E.; Otis, B.; Rabaey, J.M.; Sundararajan, V.; Wright, P.K. (2005) Improving Power Output for Vibration-Based Energy Scavengers, *IEEE Pervasive Computing* , vol. 04, no. 1, pp. 28-36.
- Roman, M. and Campbell, R. H. (2000) Gaia: enabling active spaces. In *Proceedings of the 9th Workshop on ACM SIGOPS European Workshop: Beyond the Pc: New Challenges For the Operating System*. EW 9. ACM Press, New York, NY, 229-234. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/566726.566772>
- Roman, R.; Hess,C.; Cerqueira, R.; Ranganathan, A.; Campbell, R.H.; Nahrstedt, K. (2002) A Middleware Infrastructure for Active Spaces, *IEEE Pervasive Computing* ,v. 1, n. 4, p. 74-83, October-December, 2002.
- Russell, D.M. UbiComp 2003: Sensors in Seattle. *IEEE Pervasive Computing* , v.1, no. 3, p. 76-80.
- Stanford, V. (2002) Using Pervasive Computing to Deliver Elder Care, *IEEE Pervasive Computing*, v.1, n.1, p.10-13, <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/MPRV.2002.993139>

- Satyanarayanan, M. (2003) Privacy: The Achilles Heel of Pervasive Computing?, *IEEE Pervasive Computing*, vol. 02, no. 1, pp. 2-3, January-March, 2003. <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/MPRV.2003.10002>
- Satyanarayanan, M. (2002) A Catalyst for Mobile and Ubiquitous Computing, *IEEE Pervasive Computing*, v.1, n.1, p.2-5, <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/MPRV.2002.993138>
- Sawhney, N. and Schmandt, C. (1999) Nomadic radio: scaleable and contextual notification for wearable audio messaging. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems: the CHI Is the Limit*. p.96-103. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/302979.303005>
- Schilit, B.N; Adams, N.I; Want, R. (1994). Context-Aware Computing Applications. In *Proceedings of the Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*, Santa Cruz, CA, December 1994. Pages 85-90. IEEE Computer Society.
- Shen H., Sun, X., Wu F., Li, S. (2006) Scalable Video Adaptation for IPTV, *IPTV Workshop, World Wide Web Workshop International Conference (WWW2006)*, v. 1, p. 212-216.
- Shi, Y. et al. (2003), The SmartClassroom: Merging Technologies for Seamless Tele-Education. *IEEE Pervasive Computing*, v. 2, n. 2, p. 47-55.
- Sigal, L.; Sclaroff, S.; Athitsos, V.; (2004) Pattern Analysis and Machine Intelligence, *IEEE Transactions on* v.26, n.7, p.862 - 877. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TPAMI.2004.35>
- Silva, G. C., Yamasaki, T., Aizawa, K. (2006) Creation of an Electronic Chronicle for a Ubiquitous Home: Sensing, Analysis and Evaluation, *Proceedings of the 22nd International Conference on Data Engineering Workshops (ICDEW'06)*, v. 1, p. 1-9.
- Starner, T. (2006). The virtual patrol: capturing and accessing information for the soldier in the field. In *Proceedings of the 3rd ACM Workshop on Continuous Archival and Retrieval of Personal Experiences* (Santa Barbara, California, USA, October 28 - 28, 2006). CARPE '06. ACM Press, New York, NY, 2-2. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/1178657.1178659>
- Starner, T. (1996). Human-powered wearable computing. *IBM Syst. J.* v. 35, n. 3-4 (Sep. 1996), p. 618-629.
- Stefik, M., Foster, G., Bobrow, D. G., Kahn, K., Lanning, S., and Suchman, L. (1987) Beyond the chalkboard: computer support for collaboration and problem solving in meetings. *Commun. ACM* v.30, n.1, p32-47. DOI=<http://doi.acm.org/10.1145/7885.7887>
- Stringer, S.; Rode, J.A.; Toye, E.F.; Blackwell, A.F.; Simpson, A.R.; (2005) The Webkit Tangible User Interface: A Case Study of Iterative Prototyping, *IEEE Pervasive Computing*, vol. 04, no. 4, p. 35-41.
- Thang, T. C., Kim Y. S., Ro Y. M., Kang J., Kim J. (2006) SVC bitstream adaptation in MPEG-21 multimedia framework, *Journal of Zhejiang University SCIENCE A*, v. 7, n. 5, p. 764-772.
- Thom-Santelli, J. (2007) Mobile Social Software: Facilitating Serendipity or Encouraging Homogeneity?, *IEEE Pervasive Computing*, v. 6, n.3, p. 46-51.
- Tolia, N.; Satyanarayanan, M. (2007) Benchmarks for mobile database access. In *Proceedings 1st international Workshop on System Evaluation For Mobile Platforms MobiEval '07*. P. 47-47. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/1247721.1247731>

- Trossen, D.; Pavel, D.; Platt, G.; Wall, J.; Valencia, P.; Graves, C.A.; Zamarripa, M.S.; Gonzalez, V.M.; Favela, J.; Löwquist, E.; Kulcsár, Z. (2007) Sensor Networks, Wearable Computing, and Healthcare Applications, *IEEE Pervasive Computing*, v.6, n.2, p.58-61. <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/MPRV.2007.43>
- Truong, K.N.; Abowd, G.D.; Brotherton, J.A. (2001) Who, What, When, Where, How: Design Issues of Capture & Access Applications, in *Proc. International Conference: Ubiquitous Computing*, Lecture Notes in Computer Science 2201 p. 209-224.
- Tse, E., Greenberg, S., Shen, C., and Forlines, C. (2007) Multimodal multiplayer tabletop gaming. *Comput. Entertain.* 5, 2 (Apr. 2007), 12. URL= <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1281329.1281346>
- Varshney, U. and Vetter, R. (2000). Emerging mobile and wireless networks. *Commun. ACM* 43, 6 (Jun. 2000), 73-81. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/336460.336478>
- Wade, E.; Asada, H. (2007) Conductive Fabric Garment for a Cable-Free Body Area Network, *IEEE Pervasive Computing*, v. 06, n. 1, p. 52-58.
- Wang, X., Dong, J. S., Chin, C., Hettiarachchi, S., and Zhang, D. (2004) Semantic Space: An Infrastructure for Smart Spaces. *IEEE Pervasive Computing* v.3, n.3, p.32-39. DOI= <http://dx.doi.org/10.1109/MPRV.2004.1321026>
- Want, R., Borriello, G., Pering, T., and Farkas, K. I. (2002) Disappearing Hardware. *IEEE Pervasive Computing* v.1, n.1p. 36-47. DOI= <http://dx.doi.org/10.1109/MPRV.2002.993143>
- Want, R. Schilit, B.N. Adams, N.I. Gold, R. Petersen, K. Goldberg, D. Ellis, J.R. (1995) Weiser, M. An overview of the PARCTAB ubiquitous computing experiment. *IEEE Personal Communications*, v. 2, n. 6, p. 28-93.
- Want, R., Fishkin, K. P., Gujar, A., and Harrison, B. L. (1999). Bridging physical and virtual worlds with electronic tags. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems: the CHI Is the Limit*. CHI '99. ACM Press, New York, NY, 370-377. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/302979.303111>
- Weiser, M. (1991) The Computer for the 21st Century (1991) *Scientific American*, v.265, n.3, p.94-104.
- Weiser, M. (2002) The Computer for the 21st Century (2002) *Scientific American*, v.265, n.3, p.94-104. Reprint Weiser (1991): *IEEE Pervasive Computing*, v.1, n.1, p.18-25.
- Weiser, M. (1993) Some computer science issues in ubiquitous computing. *Commun. ACM* v. 36, n.7, p. 75-84. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/159544.159617>
- Weiser, M. (1998) The future of ubiquitous computing on campus. *Commun. ACM* 41, 1 (Jan. 1998), 41-42. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/268092.268108>
- Weiser, M. and Brown, J. S. (1997) The coming age of calm technology. In *Beyond Calculation: the Next Fifty Years*, P. J. Denning and R. M. Metcalfe, Eds. Copernicus, New York, NY, 75-85. ver também: <http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/acmfuture2endnote.htm> (1996)
- Weiser, M; Gold, R.; Brown, J.G. (1999) The origins of ubiquitous computing research at PARC in the late 1980s. *IBM Systems Journal*, v.38, n.4, p. 693-696.
- Wellner, P. (1993) Interacting with paper on the DigitalDesk. (1993) *Commun. ACM* 36, 7, 87-96. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/159544.159630>

- Westeyn, T.; Brashear, H.; Atrash, A.; Starner, T. (2003) Georgia tech gesture toolkit: supporting experiments in gesture recognition. In *Proceedings of the 5th international Conference on Multimodal interfaces* (Vancouver, British Columbia, Canada, November 05 - 07, 2003). ICMI '03. ACM Press, New York, NY, 85-92. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/958432.958452>
- Whittaker, S., Frohlich, D., and Daly-Jones, O. (1994). Informal workplace communication: what is it like and how might we support it?. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems: Celebrating interdependence*. p.131-137. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/191666.191726>
- White, D. R.; Camacho-Guerreiro, J. A.; Truong, K. N.; Abowd, G. D.; Morrier, M. J.; Vekaria, P. C.; Gromala, D. (2003) Mobile capture and access for assessing language and social development in children with autism, *International Conference on Ubiquitous Computing*, p. 137–140.
- Wisneski, C., Ishii, H., Dahley, A., Gorbet, M. G., Brave, S., Ullmer, B., and Yarin, P. (1998) Ambient Displays: Turning Architectural Space into an Interface between People and Digital Information. In *Proceedings of the First international Workshop on Cooperative Buildings, integrating information, Organization, and Architecture*. Lecture Notes In Computer Science, vol. 1370. Springer-Verlag, London, 22-32.
- Wijnalda, G., Pauws, S., Vignoli, F., Stuckenschmidt, H. (2005) A Personalized Music System for Motivation in Sport Performance. *IEEE Pervasive Computing*, V.4, n 3, 2005.
- Xu, W.; Chen, Y.; Sundaram, H.; Rikakis, T. (2006) Multimodal archiving, real-time annotation and information visualization in a biofeedback system for stroke patient rehabilitation. In *Proceedings of the 3rd ACM Workshop on Continuous Archival and Retrieval of Personal Experiences*. CARPE '06. ACM Press, New York, NY, 3-12. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/1178657.1178661>
- Zhang, C., Crawford, J., Rui, Y., and He, L. 2005. An automated end-to-end lecture capturing and broadcasting system. In *Proceedings of the 13th Annual ACM international Conference on Multimedia MULTIMEDIA '05*. P. 808-809. DOI= <http://doi.acm.org/10.1145/1101149.1101326>
- Zeng, H; Ellis, C.S; Lebeck, A.R. (2005) Experiences in Managing Energy with ECOSystem, *IEEE Pervasive Computing* , vol. 04, no. 1, pp. 62-68.