

Classroom eXperience: a platform for multimedia capture and access in instrumented educational environments

Hiran Nonato M. Ferreira, Rafael Dias Araújo, Sandra A. de Amo, Renan G. Cattelan
Universidade Federal de Uberlândia
Uberlândia, MG – Brazil
hirannonato@gmail.com, rdaraujox@gmail.com, deamo@ufu.br, renan@facom.ufu.br

Resumo—Capture and access applications are developed to support the recording and later recall of multimedia information. The capture phase demands complex mechanisms for the acquisition and synchronization of user-generated data; while the access phase requires infrastructures that allow the personalization of the captured content. In this paper, we present a ubiquitous computing platform for the capture and access of educational activities in an instrumented classroom. Our approach uses context information in order to personalize the access experience according to users preferences. Transparent communication mechanisms complement our proposal by supporting data transfer and synchronization among associated storage services.

Keywords—Multimedia capture; ubiquitous computing;

I. INTRODUÇÃO

Computação ubíqua [14] permite disponibilizar recursos computacionais integrados ao ambiente de modo transparente, com o intuito de auxiliar usuários na realização suas tarefas diárias. Por sua vez, captura e acesso (C&A) é uma sub-área da computação ubíqua que tem como foco utilizar ferramentas especializadas na coleta e no armazenamento de informações, especialmente multimídia, e no provimento de recursos para os usuários acessarem posteriormente o conteúdo capturado. A captura acontece de forma automática, gerando, ao final do processo, documentos que integram as diferentes mídias capturadas.

Ambientes que envolvem apresentação de informações para um conjunto de pessoas, geralmente, requerem que esses participantes realizem anotações do conteúdo que foi apresentado para consultas e estudos posteriores. Essas anotações demandam tempo, e principalmente desviam a atenção do usuário de seu foco principal – o conteúdo sendo apresentado.

Truong *et al.* [13] definem C&A como a tarefa de registrar informações de uma experiência “ao vivo” e de permitir que a mesma possa ser posteriormente acessada. A captura é o ato de registrar as informações de uma determinada atividade, gerando documentos passíveis de armazenamento. O acesso é o ato de recuperar/revisar as informações geradas a partir de uma atividade de captura. Essa etapa deve apresentar as informações de forma organizada, permitindo que o usuário tenha acesso a esse conteúdo de forma clara e objetiva.

Este artigo apresenta o *Classroom eXperience (CX)*, uma plataforma de computação ubíqua para captura e acesso de atividades educacionais em um ambiente instrumentado. No CX, informações de contexto são utilizadas para personalizar a entrega do conteúdo aos usuários, e mecanismos de comunicação transparentes são utilizados para realizar a transferência e sincronização de dados entre serviços de armazenamento.

II. CLASSROOM EXPERIENCE: VISÃO GERAL

O CX é uma plataforma de software para a captura, o armazenamento, o acesso e a extensão de informação multimídia em ambientes educacionais instrumentados com lousa eletrônica, microfones, câmeras e projetores. Sua proposta é que fluxos de mídia provenientes de cada dispositivo sejam capturados por componentes de software especializados e posteriormente integrados e sincronizados, gerando documentos hipermídia em variados formatos de apresentação. Construído sobre a plataforma do iClass [5], o CX adiciona um módulo contextual para personalização de conteúdo, permitindo que a apresentação do conteúdo capturado seja personalizada de acordo com as preferências e o contexto de acesso dos alunos.

Abowd *et al.* [2] sugerem que o problema de C&A seja estruturado em quatro fases: (1) pré-produção, que consiste da preparação do conteúdo para a fase de captura; (2) gravação “ao vivo”, consiste na captura e sincronização dos fluxos de informações apresentados durante uma sessão; (3) pós-produção, responsável por integrar os fluxos de informações capturados; e (4) acesso, consistindo na visualização pelos usuários finais do conteúdo previamente capturado. O CX segue essa mesma estruturação, como apresentado na Figura 1.

O relacionamento de cada uma das etapas citadas anteriormente é muito importante. A Figura 2 apresenta uma visão geral do processo interativo no CX:

- *Etapa 1:* Inicialmente o professor acessa um sistema Web e cadastra todas as informações para sua aula.
- *Etapa 2:* Essas informações são tratadas e inseridas em repositórios disponíveis na rede.
- *Etapa 3:* O professor acessa o sistema novamente para iniciar uma sessão de captura. Nesse momento,



Figura 1. As quatro fases no processo de captura e acesso

uma aplicação cliente é instanciada para realizar o processo de captura e pós-produção, como mencionado anteriormente.

- **Etapa 4:** Após o processo de captura, os dados capturados são enviados para servidores de armazenamento disponíveis na rede.
 - **Etapa 4.1:** A aplicação de captura e pós-produção utiliza um mecanismo de comunicação para fazer a transferência.
 - **Etapa 4.2:** O mecanismo de transferência busca por servidores disponíveis para armazenar conteúdo, como apresentado em detalhes na Seção IV.
- **Etapa 5:** O usuário acessa o sistema após uma aula e informa o seu contexto.
- **Etapa 6:** A aplicação Web busca nos repositórios os dados a serem apresentados ao usuário.
- **Etapa 7:** A aplicação Web recomenda as informações mais relevantes baseado no contexto de acesso do usuário.

A. Pré-produção

No CX, a etapa de pré-produção consiste na configuração do conteúdo que será capturado durante uma aula. Nesta etapa, o professor irá cadastrar todas as informações pertinentes ao conteúdo da aula através de um *frontend* Web (Figura 3), organizado em 3 categorias: dados básicos da aula, dados adicionais e conteúdo a ser capturado. A primeira categoria, dados básicos, são armazenados em banco de dados relacional contendo ligações para as outras informações. As meta-informações, segunda categoria, são classificadas e organizadas segundo extensões criadas a partir de um modelo de meta-informações para objetos de aprendizagem baseado no IEEE-LOM. Esse modelo foi simplificado para atender às características do projeto. Na terceira e última ca-

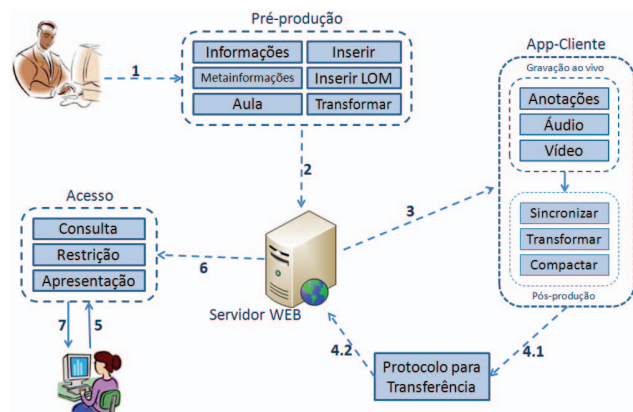


Figura 2. Visão geral da interação no CX

tegoria, as informações a serem apresentadas aos alunos, são recebidas por componentes de transformação, que estendem esse conteúdo para um formato reconhecido pelo sistema de captura (formato próprio).

B. Captura “ao vivo”

A fase de captura consiste no momento em que o professor irá ministrar sua aula para a turma. Nesse momento, utilizando a infraestrutura disponível em uma sala de aula instrumentada (Figura 4), o professor acessa uma interface Web e recebe o conteúdo a ser apresentado para o aluno como foi cadastrado anteriormente. Uma aplicação, parte do CX, inicia todos os componentes que são responsáveis pela captura das informações apresentadas na aula.

Esta etapa é composta por três componentes de software que têm a função de capturar as informações apresentadas: o componente de captura de áudio, o componente de captura de vídeo e o componente de captura das anotações feitas so-

Figura 3. Tela de cadastro de uma aula

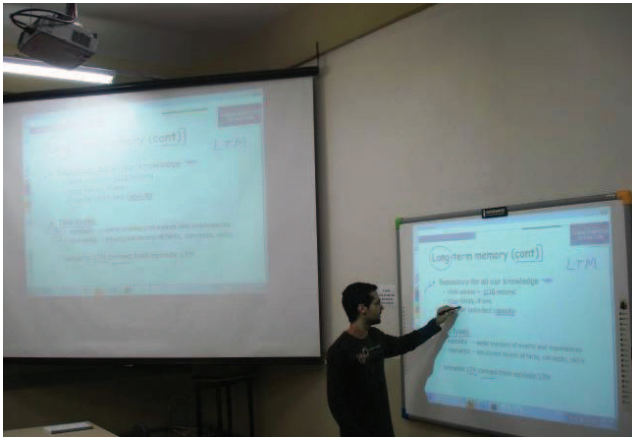


Figura 4. Sala de aula instrumentada

bre a lousa eletrônica. Esses componentes registram todas as informações apresentadas através de chamadas de serviços para armazenamento local da informações que estão sendo capturadas.

O processo de captura acontece de forma contínua, capturando todas as informações apresentadas pelo professor. Todas as informações escritas sobre a lousa eletrônica são capturadas e armazenadas em documentos estruturados (XML). A captura de vídeo e de áudio gera arquivos para serem apresentados aos usuários (os vídeos resultantes ocupam, em média, 2MB por minuto de gravação).

C. Pós-produção

A etapa de pós-produção se inicia logo após o término da etapa de captura. Esta etapa é responsável pela sincronização dos fluxos de mídia capturados e a geração de documentos a serem apresentados para o usuário. Todas as informações previamente capturadas são sincronizadas através de documentos XML, que apresentam toda a interação entre o professor e o sistema de captura.

Esta etapa pode ser resumida em três componentes: O componente de sincronização, que recebe as informações capturadas e sincroniza-as através de documentos estruturados; o componente de transformação, que recebe os documentos XML e folhas de estilo (XSL) para extensão de conteúdo gerado. No processo de transformação são gerados documentos variados nos formatos HTML e NCL (utilizado no padrão brasileiro de TV Digital). O último componente, chamado de compactação, gera um pacote de dados único e compactado, que reúne todas as mídias capturadas e os arquivos processados.

D. Acesso

A etapa de acesso consiste na apresentação do conteúdo capturado ao aluno. Segundo Kientz [7], o processo de acesso nas aplicações de captura e acesso muitas vezes é deixado como etapa secundária, não sendo empregado o esforço necessário para o seu desenvolvimento. Se essa etapa for desenvolvida focada no usuário, ele irá ter mais estímulo para consultar as informações capturadas. Assim, todos os fluxos que foram capturados durante a aula, são apresentados ao aluno de forma clara e organizada.

Uma importante característica da etapa de acesso no CX é a capacidade de basear-se no contexto de acesso, para, a partir daí, exibir determinado conteúdo ao aluno de forma personalizada. Por exemplo, assuma Pedro um aluno que tenha suas aulas ministradas com recursos do CX. Em uma determina ocasião, Pedro acessa o sistema e cadastra duas restrições:

a) Caso acesse o sistema da *universidade*, com *muito tempo disponível*, a partir do seu *computador pessoal* para *estudar para prova*, Pedro deseja receber os *slides* e o *vídeo* de uma aula;

b) Caso acesse o sistema do seu trabalho, com *pouco tempo disponível*, a partir do seu *tablet* para uma *revisão rápida* das suas aulas, nesse caso, Pedro deseja receber *somente os slides*.

A Figura 5 exibe os documentos apresentados à Pedro caso ele acesse o sistema com os contextos apresentados anteriormente: (a) documento HTML composto de vídeo e *slides*; (b) documento HTML contendo somente os *slides* da aula.

III. MODELO DE ACESSO CONTEXTUAL

Muitas vezes, o ambiente em que o aluno está realizando o acesso ao sistema possui restrições. Por exemplo, caso a largura de banda seja baixa, não é recomendada a exibição do vídeo da aula. Se a tela do dispositivo tem dimensões reduzidas, informação textual pode ser preferida aos slides da aula. Restrições como essas podem, portanto, influenciar diretamente na experiência de apresentação do conteúdo capturado ao usuário. O CX é capaz de recomendar conteúdo com base no contexto de acesso e nas restrições do usuário, seja os mesmo explícitamente fornecidos pelo usuário ou

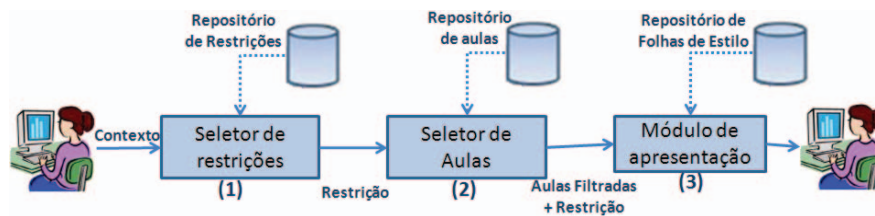


Figura 6. Mecanismo para tratamento de restrições

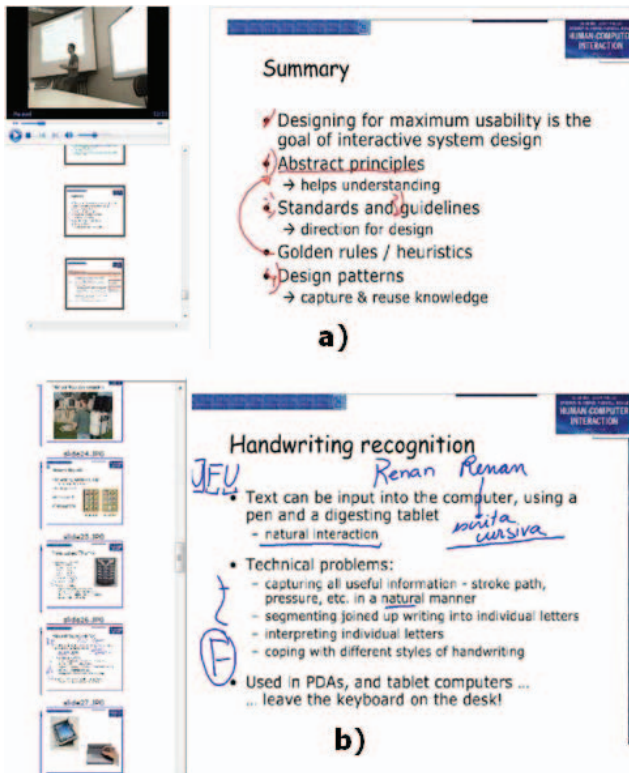


Figura 5. Diferentes formatos de apresentação

inferidos. A Figura 6 apresenta o mecanismo para tratamento de restrições desenvolvido no CX.

O componente seletor de restrições (1), recebe o contexto do usuário, seleciona a restrição para aquele determinado contexto e envia essa restrição recuperada ao seletor de aulas (2), que por sua vez, busca no repositório de aulas aquelas que serão apresentadas ao aluno. Após essa seleção, as aulas filtradas e as restrições são encaminhadas ao módulo de apresentação (3) que então gera o conteúdo a ser apresentado ao aluno com base em folhas de estilo recuperadas de acordo com as suas restrições pessoais.

IV. MODELO DE COMUNICAÇÃO

Em ambientes instrumentados para captura de conteúdo multimídia, nos deparamos com problemas de alta demanda

computacional e de comunicação. Implementações tradicionais encontradas na literatura têm problemas de escalabilidade causados por entidades centralizadas que tornam-se, frequentemente, gargalos do sistema [6].

Visando abstrair os serviços de transferência de conteúdo e contribuir para a captura e armazenamento adequados, uma camada de abstração foi criada utilizando a plataforma JXTA [12], que é uma plataforma P2P *open-source* amplamente utilizada. Essa camada foi nomeada de CAL (*Content Abstraction Layer*).

A camada CAL garante recursos de comunicação e interoperabilidade para dispositivos heterogêneos que produzem artefatos que reconstróem experiências capturadas para futuro uso e revisão, como lousas eletrônicas, *smartphones*, notebooks, microfones e câmeras de vídeo. Para isso, utilizamos os serviços JXTA para tornar a transferência de conteúdo transparente à aplicação, agregando e provendo serviços para armazenamento e sincronização de conteúdo.

Cada *peer* da rede que utiliza essa camada pode atuar como produtor de conteúdo, consumidor de conteúdo ou porventura, assumir os dois papéis. O conteúdo gerado é replicado entre os *peers* como forma de redundância para aumentar sua disponibilidade ao ser requisitado pela aplicação, isso permite que um determinado conteúdo possa estar armazenado em diversos consumidores.

Na fase de pós-produção, momento em que os dispositivos inseridos no ambiente instrumentado terminam uma sessão de captura de conteúdo, os fluxos de dados são sincronizados e então o sistema sinaliza o término para a camada CAL indicando que o conteúdo multimídia está pronto para ser transferido e armazenado.

Assim, a camada CAL se encarrega de armazenar localmente o conteúdo gerado, caso o *peer* produtor também atue como consumidor, ou senão a CAL irá procurar um *peer* consumidor disponível na rede para iniciar o envio e orquestrar a transferência do conteúdo. Se nenhum *peer* estiver disponível naquele momento por algum problema de conectividade, o conteúdo é armazenado localmente até que o problema seja solucionado. Dessa forma, os dispositivos precisam juntar-se à rede apenas quando eles desejarem transferir algum conteúdo, ou seja, eles podem trabalhar *offline* enquanto produzem o conteúdo. Com isso, a aplicação não precisa saber exatamente quais são os *peers* que compõem a rede para se comunicar (tanto para envio,

quanto para recuperação de conteúdo), nem tampouco seus papéis perante o sistema. Isso é totalmente transparente para o sistema, o qual não precisa se preocupar sobre onde o conteúdo será armazenado, pois a camada CAL cria abstrações para descoberta de *peers* com capacidade de armazenamento com segurança e confiabilidade [3].

V. AVALIAÇÃO DE USABILIDADE

O CX foi utilizado durante um semestre por 32 alunos matriculados no curso de Interação Humano-Computador, oferecido pela Faculdade de Computação da Universidade Federal de Uberlândia. Após esse uso, o sistema teve sua usabilidade verificada por avaliação heurística e pela aplicação de questionários.

A avaliação heurística [10] foi a técnica escolhida para análise aplicada a profissionais da área de interação. Essa técnica utiliza um conjunto de princípios de usabilidade, conhecidos como heurísticas, para avaliar os elementos das interfaces de um determinado sistema. Essa técnica é aplicada por um conjunto de avaliadores que examinam as interfaces, verificando se elas estão de acordo com as heurísticas. Segundo Nielsen [10], cinco avaliadores encontram cerca de 75% dos problemas de usabilidade existentes.

Foram utilizados cinco profissionais para a avaliação das interfaces do sistema. Os resultados desta análise apontaram algumas falhas nas interfaces, classificadas em seis categorias: linguagem, flexibilidade, apresentação, liberdade, prevenção de erros, e ajuda e documentação. Na categoria de *linguagem*, são expostas recomendações que dizem respeito à mensagens que o sistema apresenta ao usuário. Os avaliadores apontaram que essas mensagens devem ser mais claras, utilizar uma linguagem mais detalhada e sempre manter um padrão. Na categoria de *flexibilidade*, são indicadas algumas sugestões de como deixar as interfaces mais dinâmicas e automatizadas para o usuário. Esta categoria envolve, por exemplo, a criação de atalhos pelo teclado e retorno automático após a realização de alterações. Na categoria de *apresentação*, foram apontadas três recomendações referentes à forma como os dados são apresentados ao usuários. Essas recomendações referem-se, basicamente, a forma como as informações são ordenadas e classificadas. Na categoria de *liberdade*, foi apresentada uma sugestão, adicionar um botão “voltar” em cada tela do sistema. Essa sugestão permite dar maior controle ao usuário sobre o sistema, pois, muitas vezes, ele não consegue navegar pela trilha de navegação. Na categoria *prevenção de erros*, foi sugerido que seja limitado o tamanho dos campos para inserção de dados. Por fim, na categoria de *ajuda e documentação*, foi relatado que o sistema oferece pouca ajuda e seria interessante ter uma área específica com documentação completa do sistema.

Nota-se que, mesmo sendo encontrados alguns problemas de usabilidade, as interfaces do sistema atenderam positivamente a muitas heurísticas, como, por exemplo: compa-

tibilidade do sistema com o mundo real; a consistência e padrões de fontes, cores e sequência na realização de uma tarefa; a visibilidade do *status* do sistema; o sistema ajuda o usuário a reconhecer em vez de lembrar; a estética e *design* minimalista.

Para avaliação de usabilidade por usuários, foi utilizada a técnica de aplicação de questionários, em que foi aplicada uma versão estendida do questionário SUMI adaptada de [9]. Quinze questionários SUMI foram respondidos e analisados. Algumas conclusões mostram que: a maioria dos usuários responderam que a documentação do software não é muito informativa; 40% dos usuários ficaram indecisos em responder se o CX ajuda a superar os problemas que tiveram durante a interação, e 20% acham que ele não ajuda; somente 47% dos usuários concordaram que o sistema possui uma apresentação bem atraente.

Mesmo com alguns pontos considerados negativos pelos usuários, os resultados também apontaram impactos positivos: todos os usuários responderam que recomendariam o CX para seus colegas; 80% dos usuários disseram que gostam de interagir com o CX; 87% dos usuários apontaram que é satisfatório trabalhar com o sistema; 80% dos usuários responderam que se sentem motivados a interagir com o CX; 93% dos usuários relataram que gostariam de usar o sistema diariamente. Os resultados indicaram ainda algumas melhorias que podem ser feitas no sistema, como uma apresentação mais atraente, melhorias na documentação e nos procedimentos que auxiliem os usuários no tratamento e recuperação de erros.

VI. TRABALHOS RELACIONADOS

O registro de informações em sala de aula vem sendo explorado há algum tempo. Talvez o exemplo de maior sucesso e uso prolongado seja o Sistema eClass [1] (também conhecido como Classroom 2000), que permite gravar aulas a partir de *slides* projetados sobre uma lousa eletrônica em que anotações são feitas pelo instrutor de forma manual. O eClass ainda captura áudio por meio de um microfone de lapela atachado ao corpo do instrutor e vídeo de câmeras distribuídas pela sala de aula. Também é registrado todo o conteúdo Web visitado durante a aula.

Outro exemplo bem consolidado de aplicação de captura e acesso aplicado a ambiente de educação pode ser observado em *Terakoya* [11] onde professores e alunos interagem por meio de *tablets* e todas as informações manipuladas pelo professor em seu dispositivo são apresentadas aos alunos em tempo real ou posteriormente, de acordo com a disponibilidade do aluno. Essa implementação dá suporte a múltiplos servidores realizando a troca de informações entre si, contudo, os dispositivos dos alunos não funcionam quando estão em redes distintas dos PCs dos professores. Uma das vantagens da abordagem de comunicação proposta no trabalho ora apresentado é permitir que serviços comunique entre si, mesmo estando em redes diferentes.

Trabalhos na área exploram ainda diferentes dispositivos integrados ao ambiente para prover mecanismos de captura de forma transparente. Muitas das aplicações criadas utilizam lousa eletrônica para o processo de captura da informação ministrada. Por exemplo, o CollaBoard [8] permite a realização de conferências entre colaboradores remotos, com a captura de artefatos de áudio, vídeo e anotações sobre a lousa. O uso da lousa no CX difere da proposta do CollaBoard por utilizar uma abordagem diferente para transferência das informações capturadas. No CX, todos os traços capturados durante uma sessão são sincronizados com outras mídias, armazenados localmente e transferidos para um serviço de armazenamento somente após o término da sessão de captura. Por outro lado, no CollaBoard, essas informações são transferidas periodicamente, pois é necessário prover certa responsividade aos usuários.

Algumas aplicações permitem que os usuários acessem as informações capturadas de diferentes dispositivos, como é o caso de ReBoard [4], um sistema capaz de capturar imagens de uma lousa eletrônica e torná-las acessíveis através de um conjunto de ferramentas centradas no acesso do usuário. Usuários podem acessar o conteúdo capturado através da Web ou por meio de um dispositivo chamado Chumby. Diferente do sistema ora proposto, que utiliza a própria lousa para captura das imagens, a ReBoard realiza essa captura por meio de câmeras de alta resolução instaladas no ambiente. Outra diferença significativa entre os dois trabalhos pode ser observada no conteúdo resultante de uma sessão de captura: enquanto o CX tem a capacidade de gerar o conteúdo dinamicamente, de acordo com o contexto de acesso de cada usuário e para diferentes dispositivos, a ReBoard se limita a gerar somente conteúdo estático, para acesso restrito ao dispositivo Chumby.

VII. CONCLUSÃO

O CX é uma plataforma de computação ubíqua para captura, armazenamento, extensão e acesso de informação multimídia proveniente de atividades educacionais em ambientes instrumentados. A infraestrutura integra os fluxos de mídia capturados em documentos hipermídias de combinações e formatos variados. Assim, professores podem ministrar uma aula de forma mais interativa, enquanto os alunos têm ao seu dispor uma ampla base de conteúdo capturado para estudo.

Trata-se de uma infraestrutura complexa, que envolve diversas atividades no processo de captura e disponibilização das informações ao aluno. O processo de captura utiliza diferentes componentes para registrar as informações ministradas pelo professor, por outro lado, o processo de acesso baseia-se no contexto do usuário para recomendar conteúdo que melhor atenda a suas expectativas.

Com uso contínuo, o CX gera grandes volumes de informações, que podem ser utilizadas para diversas pesquisas futuras. Particularmente, está em fase de desenvolvimento uma rede social associada à plataforma, para suportar

anotações colaborativas e enriquecimento de conteúdo.

AGRADECIMENTOS

Este projeto recebe apoio financeiro do CNPq e da FAPEMIG.

REFERÊNCIAS

- [1] G. D. Abowd. Classroom 2000: an experiment with the instrumentation of a living educational environment. *IBM Syst. J.*, 38(4):508–530, Dec. 1999.
- [2] G. D. Abowd, C. G. Atkeson, A. Feinstein, C. Hmelo, R. Kooper, S. Long, N. Sawhney, and M. Tani. Teaching and learning as multimedia authoring: the classroom 2000 project. In *Proc. of MULTIMEDIA '96*, p. 187–198, 1996.
- [3] R. D. Araújo, H. N. M. Ferreira, P. F. Rosa, and R. G. Cattelan. A redundancy information protocol for P2P networks in ubiquitous computing environments: Design and implementation. In *Proc. of ICN '12*, p. 215–220, 2012.
- [4] S. Branham, G. Golovchinsky, S. Carter, and J. T. Biehl. Let's go from the whiteboard: supporting transitions in work through whiteboard capture and reuse. In *Proc. of CHI '10*, p. 75–84, 2010.
- [5] M. Pimentel, L. A. Baldochi Jr., and R. G. Cattelan. Prototyping applications to document human experiences. *IEEE Pervasive Computing*, 6:93–100, 2007.
- [6] R. Hasan, Z. Anwar, W. Yurcik, L. Brumbaugh, and R. Campbell. A survey of peer-to-peer storage techniques for distributed file systems. In *Proc. of ICIT '05*, p. 205–213, 2005.
- [7] J. A. Kientz. Embedded capture and access: encouraging recording and reviewing of data in the caregiving domain. *Personal Ubiquitous Comput.*, 16(2):209–221, 2012.
- [8] A. Kunz, T. Nescher, and M. Küchler. CollaBoard: A novel interactive electronic whiteboard for remote collaboration with people on content. In *Proc. of CW '10*, p. 430–437, 2010.
- [9] V. G. Motti. Design centrado no usuário de um ambiente de reunião instrumentado. Dissertação de Mestrado, USP–São Carlos, 2009. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/55/55134/tde-26052009-143029/pt-br.php>. Acesso em: 01/11/2011.
- [10] J. Nielsen. *Usability Engineering*. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA, 1993.
- [11] Y. Nishiuchi, N. Matsuchi, T. Yamaguchi, H. Shiba, K. Fujiwara, T. Mendori, and K. Shimamura. Enhanced terakoya learning system providing multi-point remote interactive lessons. In *Proc. of APSITT '10*, p. 1–4, 2010.
- [12] Sun Microsystems, Inc. Project JXTA v2.5: Java programmer's guide, 2007.
- [13] K. N. Truong, G. D. Abowd, and J. A. Brotherton. Who, what, when, where, how: Design issues of capture and access applications. In *Proc. of Ubicomp '01*, p. 209–224, 2001.
- [14] M. Weiser. The computer for the 21st century. *Scientific American*, 265(3):94–104, 1991.