



Vega, K. Cardador, D. Fuks, H. Lucena, C.J.P. xGroupware: Colaboração em Ambientes Cross-Reality com Agentes. XIII Symposium on Virtual and Augmented Reality, Maio de 2011, Uberlândia, MG, pp. 252-258, ISBN 978-0-7695-4445-8, DOI: 10.1109/SVR.2011.39. Disponível em: <http://groupware.les.inf.puc-rio.br/work.jsf?p1=2153>

xGroupware: Collaboration in Cross-Reality using Agents

xGroupware: Colaboração em Ambientes Cross-Reality com Agentes

Katia Vega, Débora Cardador, Hugo Fuks, Carlos Lucena
Departamento de Informática
PUC-Rio
Rio de Janeiro, Brasil
e-mail: {kvega; dcosta; hugo; lucena}@inf.puc-rio.br

Abstract - This paper presents xGroupware, a cross-reality meetingware that coordinates some activities to support remote workgroup. xGroupware was developed based on a multiagent system architecture that integrates different technologies for enabling message exchange between virtual and real worlds users using wearable computers.

Meetingware, Colaboration, Cross-Reality, Wearable Computers, Multi-agents system.

Resumo — Neste artigo é apresentado xGroupware, uma aplicação cross-reality para suporte a trabalho em grupo a distância, no qual são sistematizadas algumas das atividades de coordenação de reuniões. xGroupware foi desenvolvido com uma arquitetura baseada em Sistema Multiagentes que integra diferentes tecnologias de modo a possibilitar a troca de mensagens entre usuários dos mundos real e virtual usando wearable computers.

Meetingware, Colaboração, Cross-Reality, Wearable Computers, sistema multiagentes.

I. INTRODUÇÃO

Reuniões são essenciais para a estruturação e coordenação do trabalho em grupo [1]. Vários tipos de soluções tecnológicas dão suporte a este tipo de interação, seja ela presencial ou a distância. No caso de grupos de trabalho a distância, os ambientes colaborativos 3D se destacam das demais ferramentas meetingware por promover uma forte sensação de presença e engajamento de seus participantes [2].

Os ambientes colaborativos 3D propiciam a interação entre participantes de grupos de trabalho, promovendo a troca de informações e idéias e solução de problemas em grupo, desta forma motivando a participação e o senso de responsabilidade conjunto [3]. Estes ambientes possibilitam a comunicação por meio de texto, voz, gestos e expressões faciais. A comunicação não se restringe ao ambiente 3D e estende-se a outros meios virtuais, como, por exemplo, o correio eletrônico. Entretanto, há uma ruptura da comunicação do virtual com o real [4].

Ambientes cross-reality, resultantes da integração de ambientes colaborativos 3D com ambientes de computação ubíqua [5], possibilitam a comunicação entre os mundos real e virtual. Nestes ambientes, a informação é coletada por uma rede de sensores reais e virtuais, transmitida entre os mundos, interpretada e apresentada para os usuários. O

cenário a seguir exemplifica a colaboração em um ambiente cross-reality no qual um bracelete utilizado no mundo real possibilita a interação de seu usuário com o mundo virtual.

Ana e Denise participam de um grupo de trabalho que utiliza uma sala de reuniões virtual 3D. Denise está na sala virtual e, ao observar seu head-up display (HUD), nota que agora, Ana está no seu escritório que está equipado com um sensor de presença. Denise então aproveita a oportunidade para convidar Ana a juntar-se a ela no mundo virtual para que concluam um trabalho pendente. Por intermédio de leds no seu bracelete, Ana recebe o convite de Denise e o responde positivamente acionando um botão no mesmo bracelete, indicando que irá encontrá-la na sala de reuniões virtual.

Neste cenário são observadas algumas das funcionalidades esperadas no xGroupware, que visa dar suporte ao planejamento e realização de reuniões no contexto de trabalho em grupo a distância onde o ambiente colaborativo 3D é o ambiente compartilhado. xGroupware foi desenvolvido com base em uma arquitetura que integra diferentes tecnologias com o objetivo de estender a colaboração para ambientes cross-reality. Esta arquitetura, por ser baseada em Sistemas Multiagentes (SMAs), possibilita a descrição de um sistema sob a perspectiva de suas unidades constituintes [6].

Um SMA é modelado como uma coleção de entidades, denominadas agentes, capazes de se comunicar com outros agentes e atuar de forma autônoma e pró-ativa. Cada agente avalia sua situação e age com base em um conjunto de comportamentos bem definidos, sem controle externo. Mesmo contando com agentes cujos comportamentos individuais são relativamente simples, estes sistemas têm comportamentos complexos em função das interações entre seus agentes.

Esta arquitetura foi proposta com o objetivo de viabilizar a integração das seguintes tecnologias:

- Ambientes colaborativos 3D;
- Sensores e atuadores presentes em um ambiente de computação ubíqua;
- Wearable computers, vestimentas e acessórios equipados com dispositivos computacionais conectados a sensores e atuadores; por sua proximidade com o corpo, estes dispositivos fazem parte do espaço pessoal de seu usuário [7];

- Interfaces tangíveis, que empregam artefatos físicos para representação e controle de informações digitais [8]; e
- SMAs, que possibilitem a simulação de comportamentos inteligentes, como resolução de problemas e capacidade de aprendizagem, utilizando-se abordagens como Redes Neurais e Modelo de Markov.

Na próxima seção, são comentados os trabalhos relacionados. A seção III descreve a aplicação xGroupware. A arquitetura proposta e a implementação do protótipo são detalhados na seção IV. Conclusão e trabalhos futuros são apresentados na seção V.

II. TRABALHOS RELACIONADOS

Tendo em vista a persistência e o alto nível de imersão proporcionados pelos mundos virtuais, diversas ferramentas foram criadas para socialização, formação de comunidades e realização de reuniões e treinamentos. Um exemplo deste tipo de ferramenta é o Sametime 3D [9], aplicação desenvolvida pela IBM no ambiente virtual 3D OpenSim [10]. É utilizada para reuniões remotas, treinamento, sessões de brainstorming (Fig. 1) e atividades de planejamento. Os avatares se comunicam usando áudio, texto ou ambos, além de compartilhar apresentações e anotações usando um flipchart virtual e votar para tomar decisões em grupo [11].



Figura 1. O quadro para notas virtuais é um dos recursos utilizados nas sessões de brainstorming do Sametime 3D [11].

inSpace [12] e Twinspace [13] são projetos do Georgia Institute of Technology que desenvolvem ferramentas que integram usuários do mundo real ao virtual. Twinspace é uma infraestrutura para ambientes cross-reality que combina espaços interativos e mundos virtuais onde os colaboradores participam remotamente de reuniões realizadas em um ambiente de computação ubíqua.

O projeto inSpace inclui elementos de suporte à colaboração para trabalho em grupo em cross-reality como, por exemplo, uma mesa e um display que possibilitam o compartilhamento de informações e serviços por múltiplos usuários de ambientes reais ou virtuais. A Fig. 2 apresenta

alguns dos recursos utilizados para o controle das apresentações no inSpace.



Figura 2. Recursos para suporte a apresentações do inSpace [12].

O sistema Augmented Collaboration in Mixed Environments (ACME) é um aplicativo para suporte a videoconferências que utiliza um ambiente colaborativo 3D, técnicas de realidade aumentada e reconhecimento gestual [14]. Neste sistema, os participantes, que estão no ambiente 3D ou no mundo real, são visualizados por meio de diferentes dispositivos para que possam interagir e compartilhar objetos virtuais. A Fig. 3 mostra um exemplo de reunião com o ACME, onde os participantes compartilham um objeto virtual.



Figura 3. Participantes compartilham um objeto virtual no sistema ACME [14].

O trabalho aqui apresentado tem suas particularidades em relação aos trabalhos mencionados por usar wearable computers para a interação em ambiente cross-reality, por sistematizar algumas das atividades de coordenação do trabalho em grupo, e por adotar uma arquitetura baseada em SMA.

III. XGROUPWARE

xGroupware é uma aplicação cross-reality que possibilita a comunicação entre os mundos real e virtual através da troca de mensagens entre seus agentes, que informam sobre a ocorrência de eventos tais como entrada e saída de usuários, convites, solicitação de confirmação de presença e cancelamento de reunião. A troca de mensagens com os participantes ocorre através dos seguintes objetos:

- Braceletes: wearable computers utilizados pelos usuários no mundo real que empregam luzes e botão para interação com o usuário;
- HUD: utilizado no mundo virtual para interação com o participante de forma individualizada no browser, de modo semelhante ao bracelete utilizado no mundo real;
- Painel de Reuniões: display contido na Sala de Reuniões Virtual 3D, visível a todos os participantes, que apresenta informações sobre a próxima reunião e o status da última reunião.

Utilizando estes objetos, os participantes identificam quem está presente nos mundos virtual e real naquele momento, convidam outros participantes, confirmam presença em reunião, e recebem avisos sobre confirmação e cancelamento de uma reunião agendada. As reuniões que ocorrem no ambiente compartilhado foram agendadas, ou ocorreram mediante convite de outro participante. O cenário descrito na seção anterior ilustra a realização de uma reunião não agendada, na qual Denise convida sua colega Ana para juntar-se a ela na Sala de Reuniões Virtual 3D. No caso de reuniões agendadas, o Coordenador de Reuniões, um dos agentes do sistema, é o responsável pela organização das reuniões, incluindo sua confirmação, como ilustra o cenário descrito a seguir.

Denise, Victor e Ana têm uma reunião agendada na Sala de Reuniões Virtual 3D hoje as 14h. As 13h30, Denise, que está trabalhando nesta sala, recebe uma solicitação de confirmação de presença na reunião das 14h, a qual responde positivamente. As 13h40, Ana chega no seu escritório e liga seu bracelete. Após alguns minutos ela também recebe, via bracelete, a solicitação de confirmação de presença na reunião das 14h Ana informa que não poderá comparecer à reunião. Em seguida, todos participantes são informados que a reunião havia sido cancelada.

O Coordenador de Reuniões é responsável por solicitar a confirmação de presença dos participantes na reunião e, com base no retorno dado por cada um deles, confirmar ou cancelar sua realização. No caso de cancelamento, o agente reagenda a reunião e divulga a nova data e horário para todos os participantes.

As solicitações de confirmação de participação iniciam 30 minutos antes do horário da reunião. Estas são efetuadas por meio de mensagens que se originam no agente e se propagam tanto para o mundo real como para o virtual, possibilitando, desta forma, que o usuário confirme sua participação por diferentes meios conforme pode ser visto na

Fig. 4. Ainda neste cenário, as 13h30 o agente Coordenador de Reuniões envia uma solicitação de confirmação de participação para Denise e para Ana, que a recebe quando liga o bracelete. O bracelete solicita a confirmação da presença na reunião por meio de sinais luminosos. Ela então responde se irá comparecer à reunião utilizando o próprio bracelete. De modo análogo, no mundo virtual é utilizado um HUD para visualizar as solicitações de confirmação das reuniões nas quais participa e confirmar sua presença. Ana utiliza o botão do bracelete para informar que não poderá comparecer à reunião.



Figura 4. Confirmação de presença em reunião com o bracelete no mundo real e com o HUD no mundo virtual.

Na Sala de Reuniões Virtual 3D há um painel que apresenta informações sobre a próxima reunião (Fig. 5), indicando sua confirmação ou cancelamento. Portanto, no cenário descrito acima, Denise e Ana receberam o aviso de cancelamento da reunião pelo HUD e pelo bracelete, respectivamente.



Figura 5. Painel de Reuniões.

xGroupware possibilita uma nova modalidade de comunicação síncrona para suporte a reuniões e a sistematização de tarefas anteriormente realizadas por um dos participantes do grupo. Na seção seguinte, são detalhados os aspectos envolvidos na implementação do sistema.

IV. ARQUITETURA E IMPLEMENTAÇÃO

Considerando o contexto cross-reality descrito, percebe-se que características desejadas dos elementos que compõem o sistema - autonomia, comunicação, reatividade e pró-atividade - são também propriedades dos agentes [15]. Por conseguinte, foi proposta uma arquitetura baseada em SMAs com o intuito de possibilitar sua adequação a diferentes situações envolvendo a comunicação entre o mundo real e o virtual. A Fig. 6 apresenta a arquitetura xGroupware em

termos de seus agentes. A interação que ocorre entre o mundo real e o virtual é realizada entre Mensageiro e Comunicadores que, ao trocar mensagens entre si, difundem a ocorrência dos eventos no sistema. O Mensageiro recebe mensagens de diferentes origens e as redistribui para os agentes a que se destinam, de acordo com o tipo de evento. Para isto, utiliza os Comunicadores, também agentes, que atuam como pontes entre o Mensageiro e os agentes contidos nos objetos do mundo real e virtual.

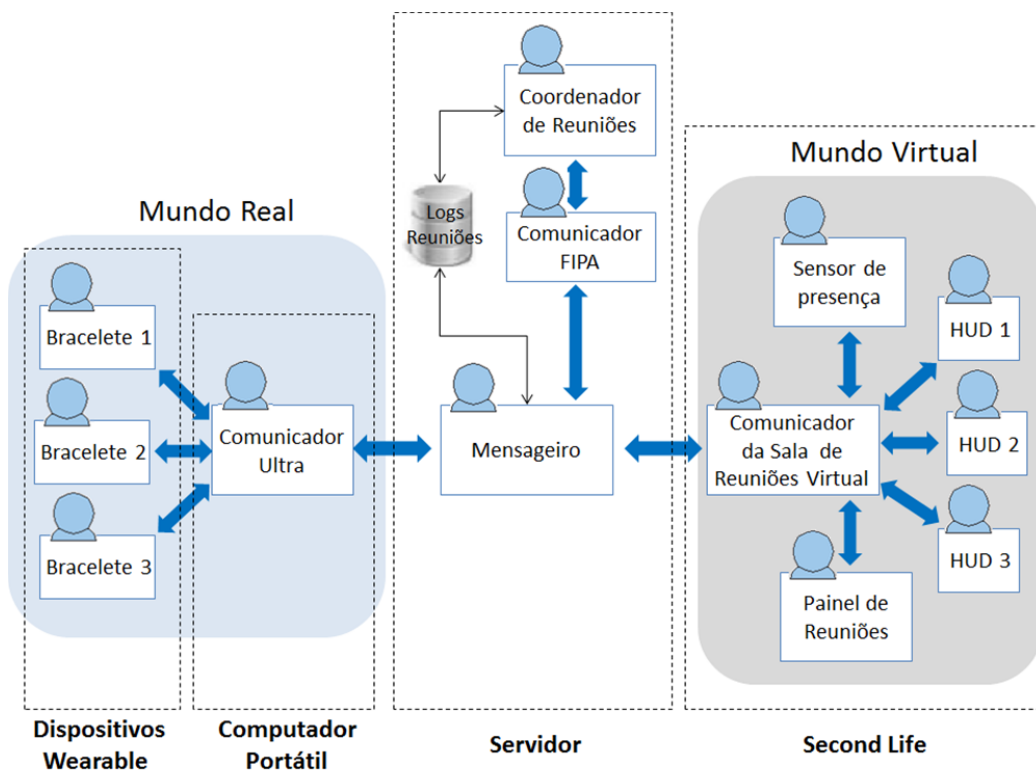


Figura 6. Arquitetura xGroupware em função de seus agentes.

Utilizam-se dispositivos wearables no caso dos objetos, que interagem diretamente com os participantes nos seus escritórios. No mundo virtual por sua vez, objetos 3D são modelados e têm comportamentos programados para a interação com os participantes e outros objetos 3D. A Tabela a seguir especifica as responsabilidades dos agentes envolvidos.

TABELA 1. RESPONSABILIDADES DOS AGENTES

Agente	Responsabilidades
Comunicador Ultra	1. Coordena a troca de mensagens entre o Mensageiro e os objetos do mundo real.
	2. Monitora a presença de usuários no ambiente real.
	3. Informa outros agentes sobre a presença de usuários no mundo real.
Comunicador FIPA	1. Coordena a troca de mensagens entre o Mensageiro e o Coordenador de Reuniões.
Comunicador da Sala de Reuniões Virtual	1. Coordena a troca de mensagens entre o Mensageiro e os objetos do mundo virtual.
Mensageiro	1. Coordena a troca de mensagens entre os comunicadores do sistema.
	2. Registra os eventos do sistema em um banco de dados.

Agente	Responsabilidades
HUD	1. Informa o usuário sobre a presença de usuários no mundo real.
	2. Possibilita ao usuário convidar um usuário presente no mundo real para uma reunião não agendada.
	3. Possibilita ao usuário confirmar presença em uma reunião agendada.
	4. Informa o usuário sobre o status da presença de outros usuários na reunião.
Sensor de presença	1. Informa outros agentes sobre a presença de participantes do grupo no mundo virtual.
Painel de Reuniões	1. Apresenta para o usuário informações sobre a próxima reunião agendada.
Bracelete	1. Informa o comunicador do mundo real sobre a presença do usuário no ambiente real.
	2. Informa o usuário sobre a presença de usuários no mundo virtual.
	3. Possibilita ao usuário confirmar presença em uma reunião agendada.
	4. Possibilita ao usuário confirmar presença em uma reunião não agendada.

Cada agente atua de acordo com suas responsabilidades, reagindo aos eventos anunciados para os quais possui comportamentos associados. Além de reagir às mensagens recebidas, um agente também divulga informações sobre eventos do ambiente que está monitorando ou solicita

informações a algum participante ou agente envolvido nas reuniões.

xGroupware faz uso da arquitetura proposta para implementar agentes no mundo real e virtual. Para tanto, integra diferentes tecnologias, como detalhado na Tabela 2 e na Fig.7.

TABELA 2. TECNOLOGIAS EMPREGADAS NA IMPLEMENTAÇÃO

Agente	Tecnologia
Mensageiro	Implementação no framework Spring com a linguagem Java. Usa sockets para a interação com o Comunicador Ultra, um servidor web para a comunicação com o Comunicador da Sala de Reuniões Virtual 3D e um Comunicador para a troca de mensagens FIPA para o agente Comunicador FIPA.
Comunicador Ultra	Linguagem Java.
Coordenador de Reuniões	Implementação no framework Jade, específico para SMAS usando Jade4Spring.
Comunicador FIPA	
Comunicador da Sala de Reuniões Virtual	Os objetos do mundo virtual são implementado na plataforma utilizada no Second Life [16], na linguagem de programação Linden Scripting Language (LSL).
HUD	
Sensor de presença	
Painel de Reuniões	
Bracelete	Os dispositivos wearable (braceletes) utilizam tecnologia Arduino [17] e módulos XBee [18] para a comunicação wireless.

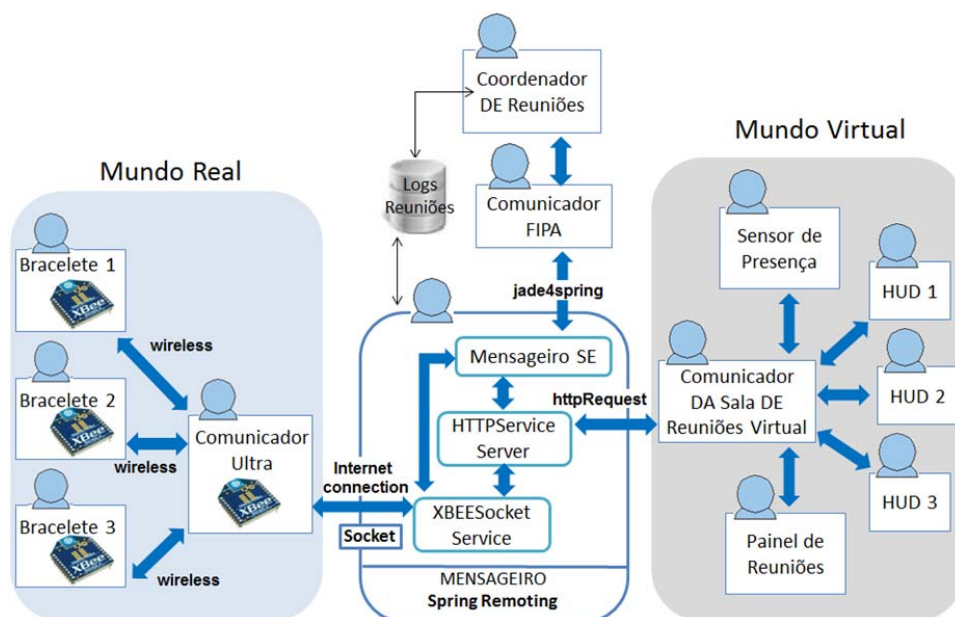


Figura 7. Tecnologia utilizada na implementação da arquitetura xGroupware.

Como se observa na figura anterior, a implementação da comunicação entre o Mensageiro e os objetos do xGroupware através dos Comunicadores emprega:

- sockets para a comunicação com o dispositivo wearable,
- um servidor web para a troca de mensagens com o mundo virtual Second Life, e
- um comunicador para interagir com o agente Coordenador de Reuniões.

O comunicador do dispositivo wearable, implementado em Java, utiliza uma porta serial que recebe e envia as mensagens por uma antena XBee para a comunicação com os braceletes, implementados com tecnologia Arduino. Este comunicador utiliza um serviço Server Socket do Mensageiro para o envio e recepção das mensagens.

O comunicador do mundo virtual é um objeto implementado na linguagem de programação LSL. Nesta linguagem, só é possível a troca de mensagens com o protocolo HTTP, motivo pelo qual um servidor web é implementado no Mensageiro.

O Coordenador de Reuniões é um agente que utiliza a plataforma Jade. Neste caso, o comunicador que atua entre o Mensageiro e o Coordenador de Reuniões foi implementado também em Jade, utilizando o padrão FIPA para comunicação em SMAs [19].

A arquitetura proposta possibilita ainda que sistemas externos sejam acoplados, adicionando novos recursos e funcionalidades sempre que necessário. A forma de integração de sistemas externos é definida em função das suas características tecnológicas.

Por sua capacidade de adequação a diferentes contextos envolvendo a interação entre os mundos real e virtual, a generalidade é uma das propriedades do sistema xGroupware. Outra propriedade a ser destacada é sua flexibilidade, que advém da possibilidade de inclusão de diferentes objetos reais e sistemas externos na composição de uma solução específica.

V. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Neste artigo foi apresentado xGroupware, um cross-reality meetingware para suporte ao planejamento e realização de reuniões virtuais. Utilizando um ambiente virtual 3D como espaço compartilhado para a colaboração, xGroupware traz para o mundo real funcionalidades também disponíveis no ambiente virtual, possibilitando que os participantes dos dois mundos interajam.

A arquitetura proposta visa a implementação de soluções cross-reality que envolvam a troca de mensagens entre o mundo real e o virtual. Optou-se por um SMA como base para a esta arquitetura em função da capacidade dos agentes de perceber e interagir com outros agentes e com o ambiente em que está inserido de forma pró-ativa e autônoma. Para viabilizar a troca de mensagens, foram adotadas diferentes tecnologias e protocolos de comunicação na sua implementação.

Para aprimorar a arquitetura proposta, outros contextos de aplicação serão testados. A usabilidade dos braceletes e de outros dispositivos wearable e tangíveis é uma das questões a

serem investigadas. Para tanto, serão criadas variações de alguns destes dispositivos - camisas e luvas no lugar dos braceletes, por exemplo,- com a finalidade de comparar aspectos como interação e eficácia.

AGRADECIMENTOS

Katia Vega e Débora Cardador recebem bolsas de doutorado do CNPq nº 140859/2010-1 e nº 141520/2010-8 respectivamente. Hugo Fuks recebe bolsas de Produtividade de Pesquisa do CNPq nº 302230/2008-4 e Cientista do Nosso Estado da FAPERJ. Carlos Lucena recebe bolsas de Produtividade de Pesquisa do CNPq nº 304810/2009-6 e Cientista do Nosso Estado da FAPERJ.

REFERÊNCIAS

- [1] W. M. Post, M. A. A. Huis in 't Veld and S. A. A. van den Boogaard, Evaluating meeting support tools, *Personal and Ubiquitous Computing*, v.12 n.3, p.223-235, Jan. 2008, DOI 10.1007/s00779-007-0148-1.
- [2] W. A. Kellogg, T. Erickson, N.S. Shami, D. Levine, (2010). "Telepresence in Virtual Conferences: An empirical comparison of distance collaboration technologies". *New Frontiers in Telepresence Workshop. CSCW 2010, Savannah, GA, USA, Feb. 2010*.
- [3] A. Pereira, K. Vega., D. Filippo, V. David, A. Raposo and H. Fuks, "Enacting Collaboration via Storytelling in Second Life," 15th Collaboration Researchers' International Workshop on Groupware (CRIWG 2009), *Lecture Notes on Computer Science LNCS 5784, Springer-Verlag, Sep. 2009*, pp. 319-327, ISSN 0302-9743.
- [4] M. Billinghurst and H. Kato, "Collaborative Mixed Reality", *First International Symposium on Mixed Reality (ISMR '99)*, Springer-Verlag, 1999, pp. 261-284.
- [5] J. Paradiso and J. Landay, "Cross-Reality Environments", *IEEE Pervasive Computing* vol.8, no.3, Jul 2009, pp. 14 - 15 DOI 10.1109/MPRV.2009.47, ISSN 1536-1268.
- [6] D. Lillis, D., R.W.Collier, M. Dragonem and G.M.P.O'Hare, "An Agent-Based Approach to Component Management", 8th International Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (AAMAS '09), May 2009, pp. 529-536, ISBN: 978-0-9817381-6-1.
- [7] S. Mann, "Smart Clothing: The Wearable Computer and WearCam". *Personal and Ubiquitous Computing*, Mar. 1997, DOI 10.1007/BF01317885.
- [8] B. Ullmer and H. Ishii, "Emerging frameworks for tangible user interfaces", In *IBM Systems Journal* Volume 39 Issue 3.4, 2000, pp. 915 - 931, DOI 10.1147/sj.393.0915.
- [9] (2010) IBM website, Virtual Collaboration for Lotus Sametime. [Online]. Available: <http://www-01.ibm.com/software/lotus/services/vc4sametime.html>.
- [10] (2010) Opensim website. [Online]. Available: http://opensimulator.org/wiki/Main_Page.
- [11] L. Cherbakov, R. Brunner, R. Smart and C. Lu. (2009) IBM DeveloperWorks, "Virtual Spaces: Enabling Immersive Collaborative Enterprise", [Online]. Available: <http://www.ibm.com/developerworks/webservices/library/ws-virtualspaces/>.

- [12] D. Reilly, S. Volda, M. McKeon, C. Le Dantec, J. Bunde-Pedersen, C. Forslund, P. Verma, W.K. Edwards, E.D. Mynatt, A. Mazalek and R. Want, "Space Matters: Physical-Digital and Physical-Virtual Codesign in inSpace", IEEE Pervasive Computing, Jul 2010, pp. 54 - 63, DOI 10.1109/MPRV.2010.22 .
- [13] D.F. Reilly, H. Rouzati, A. Wu, J.Y. Hwang, J. Brudvik, and W.K. Edwards, "TwinSpace: An Infrastructure for Cross-Reality Team Spaces", In Proceedings of the 23rd ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST), October 2010, pp. 119-128. DOI 10.1145/1866029.186605.
- [14] T. Kantonen, C. Woodward, N. Katz, "Mixed reality in virtual world teleconferencing," Virtual Reality Conference (VR), 2010 IEEE , pp.179-182, Mar. 2010, DOI 10.1109/VR.2010.5444792.
- [15] M. Nikraz, C. Giovanni and P.A.Bahri. "A Methodology for the Analysis and Design of Multi-Agent Systems using JADE", International Journal of Computer Systems Science and Engineering 21, 2006, pp.99-116.
- [16] (2010) Second Life website. [Online]. Available: <http://secondlife.com>
- [17] L. Buechley and M. Eisenberg, "The LilyPad Arduino: Toward Wearable Engineering for Everyone". IEEE Pervasive Computing, April 2008, pp. 12-15, DOI 10.1109/MPRV.2008.38.
- [18] R. Faludi (2008) XBee Lilypad. [Online]. Available: <http://www.faludi.com/2008/06/15/xbee-lilypad>
- [19] (2010) FIPA website. [Online]. Available: <http://www.fipa.org>.