

Suporte à Colaboração em uma Infraestrutura Computacional Pervasiva para Auxílio às Atividades Clínicas

Marcelo Lopes Kroth¹, Alencar Machado², Iara Augustin³

^{1,2,3} Grupo de Sistemas de Computação Móvel (GMob),
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) – Santa Maria – RS – Brasil

marcelo.tuco@ufsm.br, alencar.ufsm@gmail.com, august@inf.ufsm.br

***Abstract.** In a hospital, many activities involve more than one clinician and collaboration to treat a patient is more the rule than the exception. Concepts and technologies of Ubiquitous or Pervasive Computing are being explored to meet the requirements of hospital settings, namely: mobility, interruption and collaboration. This article shows a service to support collaboration in a pervasive computing infrastructure to support the clinical activities.*

***Resumo.** Em um hospital, muitas atividades envolvem mais de um médico e a colaboração para o tratamento de um paciente é mais a regra do que a exceção. Conceitos e tecnologias de Computação Ubíqua ou Pervasiva estão sendo explorados para atender aos requisitos dos ambientes hospitalares, quais sejam: mobilidade, interrupção e colaboração. Este artigo apresenta um serviço para dar suporte à colaboração em uma infraestrutura computacional pervasiva para auxílio às atividades clínicas.*

1. Introdução

As principais características do trabalho em um hospital são a mobilidade, interrupção frequente das atividades em andamento e a colaboração. Porém, grande parte dos sistemas foi projetada em um cenário de utilização onde os usuários estão sentados em suas mesas em frente a um computador. Este é um dos principais motivos da grande rejeição que os clínicos têm com tais sistemas [Miller 2004] [Jha 2009].

Atualmente, pesquisas na área de tecnologia da informação têm demonstrado grande interesse em entender melhor como os profissionais de saúde trabalham com o intuito de, ao introduzir novas tecnologias, oferecer aos clínicos uma maior qualidade no atendimento ao paciente [Barsottini 2006].

A Computação Ubíqua (*Ubiquitous Computing*) ou Pervasiva (*Pervasive Computing*) é um novo paradigma computacional com tecnologia de comunicação e informação em qualquer lugar, acessível por qualquer pessoa, disponível o tempo todo, onde os recursos computacionais devem estar integrados ao ambiente físico de forma transparente [Weiser 1991]. Por outro lado, a Computação Pervasiva não pode ser interpretada somente como um ambiente impregnado por dispositivos, servindo e se adaptando para um único usuário, mas também como um lugar onde vários usuários agem e interagem uns com os outros para a realização das atividades [Cabitza 2006]. Conceitos e tecnologias da Computação Pervasiva podem ser explorados para construção de sistemas integrados ao cotidiano dos profissionais da área da saúde.

Desenvolver um sistema integrado a esse cenário representa um desafio significativo, razão pela qual vêm sendo realizadas pesquisas com o objetivo de criar uma infraestrutura computacional que dê suporte a esses requisitos [Bardram 2007] [Vicentini 2010]. O projeto ClinicSpace tem como objetivo o desenvolvimento de uma ferramenta-piloto de auxílio às atividades do profissional de saúde utilizando tecnologias e conceitos de Computação Ubíqua [Ferreira 2009].

Este artigo apresenta as soluções criadas para modelar e implementar mecanismos para dar suporte à colaboração na arquitetura ClinicSpace e encontra-se organizado da seguinte forma: na seção 2 é resumida a arquitetura ClinicSpace, seguida da proposta do serviço de colaboração na seção 3, na seção 4 são apresentados os trabalhos relacionados, bem como uma análise das características de colaboração de cada projeto e na seção 5 são feitas as considerações finais e também as perspectivas futuras do trabalho.

2. Arquitetura ClinicSpace

O projeto ClinicSpace [Ferreira 2009] tem como ideia central a utilização de tecnologias de Computação Pervasiva para auxiliar os médicos na execução de suas tarefas em um ambiente hospitalar. O objetivo do projeto é a criação de uma ferramenta-piloto que permita aos clínicos a personalização da execução de suas tarefas, que são gerenciadas por uma infraestrutura computacional em um ambiente pervasivo.

Mesmo que uma das características de um sistema pervasivo seja a proatividade, o ClinicSpace leva em consideração a forma particular com que cada médico executa as suas tarefas. O equilíbrio entre a personalização e a proatividade visa diminuir a rejeição que os clínicos possuem aos sistemas atuais. Assim, espera-se que os profissionais da área da saúde se sintam mais confortáveis, pois terão a possibilidade de controle e adequação do sistema às suas necessidades cotidianas.

As atividades realizadas pelos clínicos foram decompostas no conceito de tarefas, as quais são auxiliadas por aplicações e seguem a forma particular de cada indivíduo realizá-las (personalização). Tarefas simples são compostas por subtarefas (operações básicas do sistema, que são aplicações Java disponibilizadas para composição das tarefas pelo clínico) e, quando agrupadas, formam uma tarefa composta, que segue um fluxo de execução ilustrado na Figura 1. Essa modelagem dá às tarefas as características de decomposição, recombinação e reuso [Vicentini 2010].

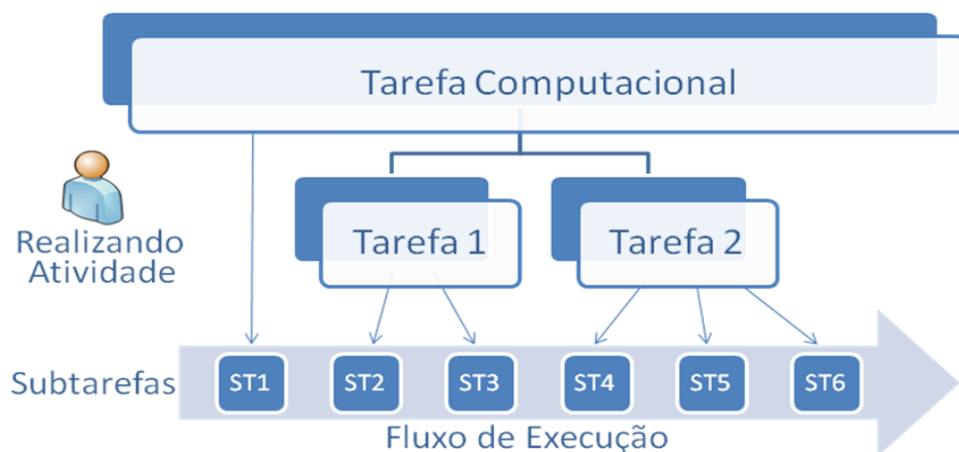


Figura 1 - Conceito de tarefas na arquitetura ClinicSpace

O *middleware* EXEHDA [YAMIN 2005] foi utilizado para dar o suporte ao gerenciamento das aplicações em um ambiente pervasivo na arquitetura ClinicSpace. Com isso foi possível que as tarefas herdassem as características de interrupção (podem ser interrompidas e retomadas posteriormente), contextualização (podem estar associadas a um contexto ou receber a associação dinamicamente), mobilidade e adaptação (devem migrar e se adaptar às diferentes características do ambiente de forma a acompanhar o usuário).

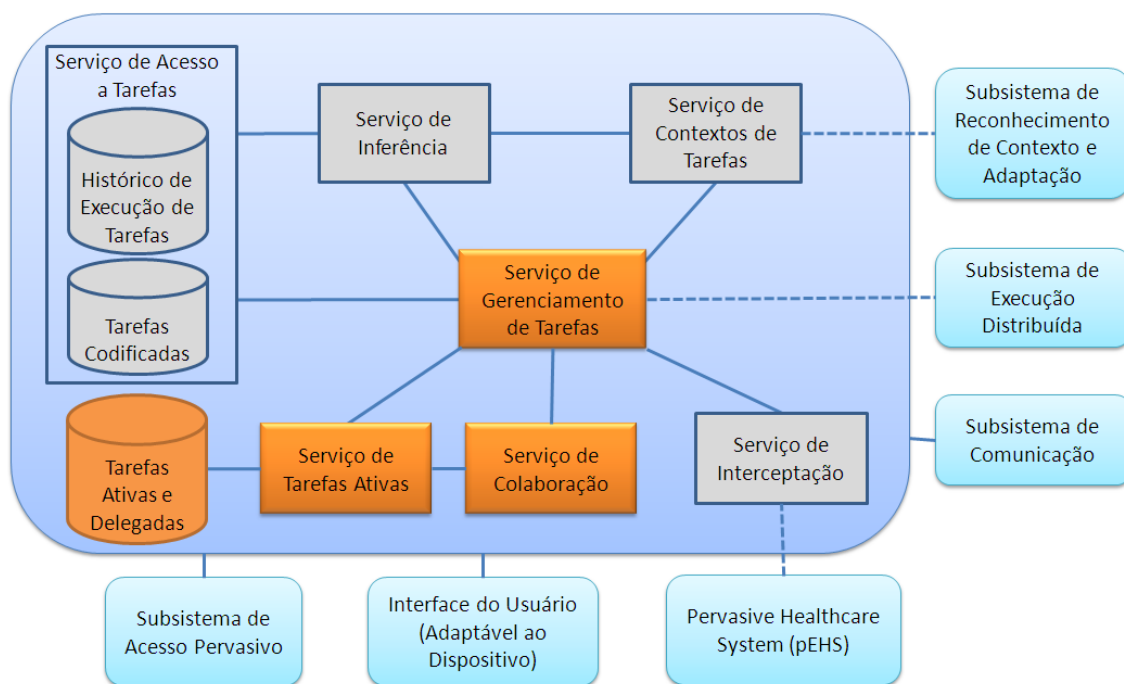


Figura 2 – Visão geral do Subsistema de Gerenciamento Distribuído de Tarefas

A Figura 2 apresenta uma visão geral do Subsistema de Gerenciamento Distribuído de Tarefas, adicionado ao *middleware* EXEHDA para dar suporte aos conceitos de atividades clínicas. O **Serviço de Acesso a Tarefas** é o responsável pelo acesso pervasivo ao repositório de tarefas e subtarefas de cada usuário. O **Serviço de Contextos de Tarefas** encapsula as informações de contexto obtidas pelo Subsistema de Reconhecimento de Contexto do EXEHDA. O **Serviço de Inferência** processa informações históricas sobre a execução das tarefas para inferir sobre a ativação de tarefas baseada em mudanças de contexto. O **Serviço de Gerenciamento de Tarefas** (SGT) controla a execução das tarefas do usuário. O **Serviço de Tarefas Ativas** (STA) controla as tarefas ativas de cada usuário. O **Serviço de Interceptação** é responsável por manipular os eventos gerados pelo pEHS (sistema de informação em saúde pervasivo).

3. Colaboração no ClinicSpace

Uma forma bastante comum de colaboração em ambientes hospitalares é a transferência de tarefas em execução entre os clínicos, por exemplo, na troca de plantão. Para isso, o sistema deve permitir aos usuários transferir suas tarefas não concluídas para outro profissional. A implementação deste requisito foi feita da seguinte maneira: quando um usuário recebe a tarefa que outro transferiu para ele, o sistema permite ao profissional que recebeu a tarefa escolher entre aceitá-la ou rejeitá-la. Ao rejeitá-la, a tarefa retorna

ao emissor. Já aceitando a tarefa, ela será incorporada a sua lista de tarefas interrompidas, podendo ser retomada do ponto onde foi parada.

Como o EXEHDA não incorpora os conceitos de tarefas e colaboração entre os usuários, o controle de usuários e suas tarefas ativas foi adicionado ao Subsistema de Gerenciamento Distribuído de Tarefas (SGDT). Assim, o EXEHDA controla o Ambiente Virtual do Usuário, e o SGDT controla a lista de tarefas ativas dos usuários. Com isso, é possível haver troca de tarefas entre os usuários, sem que haja necessidade de envolver diretamente os outros serviços do *middleware*.

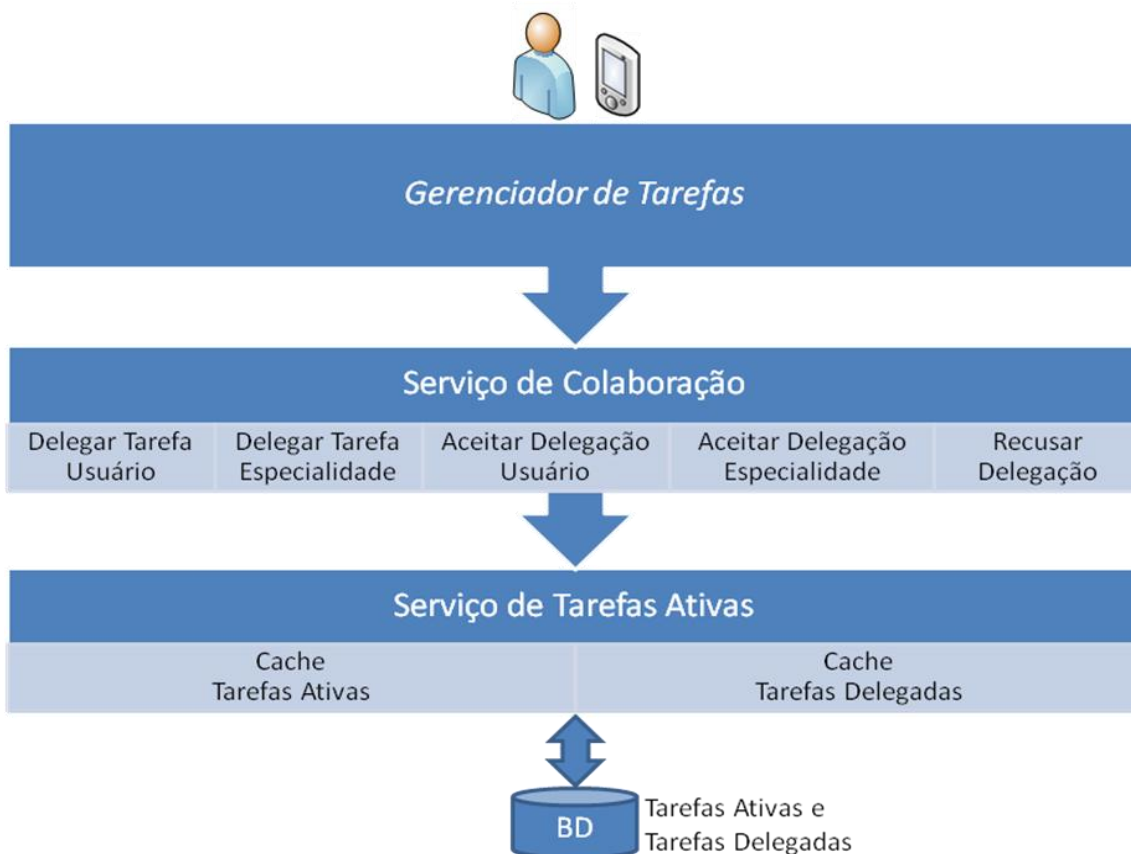


Figura 3 - Serviço de Colaboração

3.1 Arquitetura do Serviço de Colaboração

O **Serviço de Colaboração** (SC) é responsável pelo gerenciamento da delegação de tarefas entre os usuários do ClinicSpace. O SC disponibiliza uma API que é utilizada pelo Gerenciador de Tarefas para buscar as tarefas delegadas para o usuário, buscar as tarefas delegadas para a(s) especialidade(s) do médico, delegar tarefa para outro usuário, delegar tarefa para uma especialidade, aceitar uma tarefa delegada por outro usuário, recusar uma tarefa delegada por outro usuário e atribuir para si uma tarefa delegada para a sua especialidade médica.

A Figura 4 mostra o diagrama de sequencia da delegação de tarefa para uma especialidade. Quando o médico realiza uma delegação de tarefa através do gerenciador de tarefas é utilizada a API do Serviço de Colaboração que recebe como parâmetros a tarefa e a especialidade para qual será delegada. O Serviço de Colaboração, então, verifica se a tarefa está em execução e, se estiver, pausa a tarefa. No momento que a tarefa é pausada (pode ser que ela já esteja pausada no momento da delegação) o objeto

é serializado e persistido no banco de dados. O Serviço de Colaboração, então, faz uma requisição ao Serviço de Tarefas Ativas através de um protocolo próprio que posteriormente será transformado uma conexão HTTP.

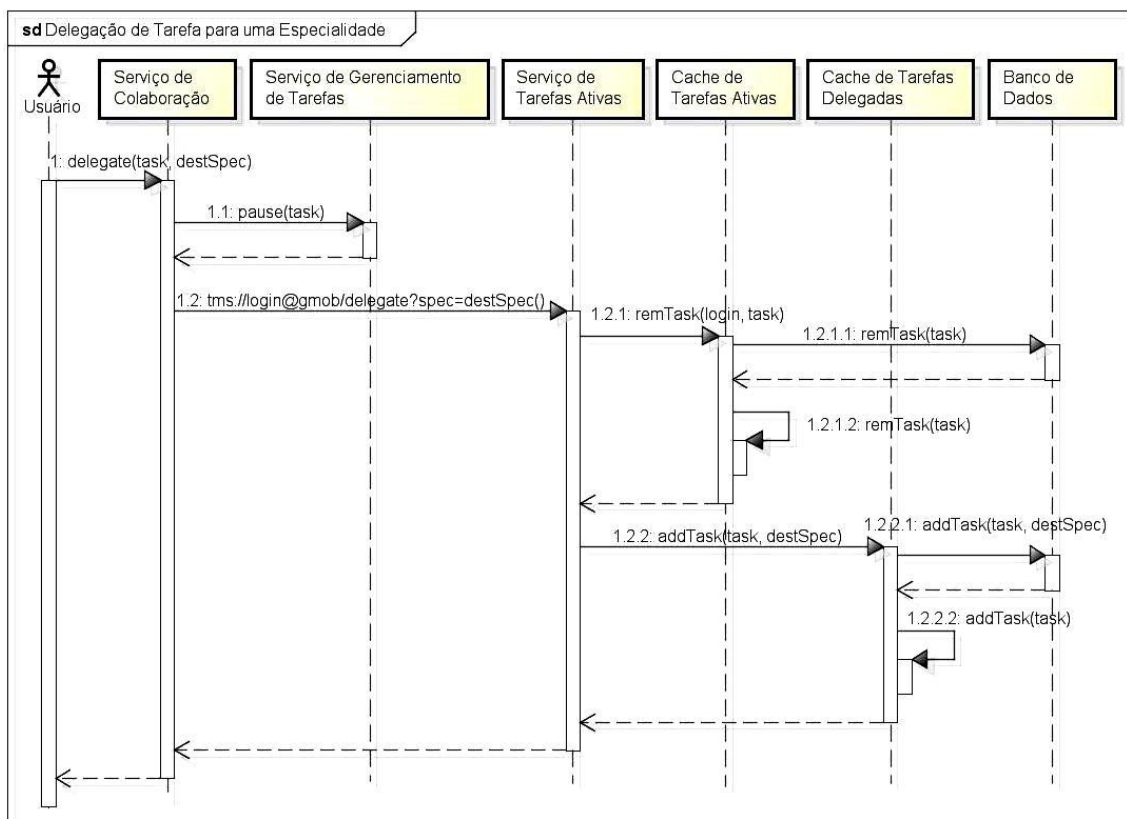


Figura 4 - Diagrama de Sequencia da Delegação de Tarefa

O **Serviço de Tarefas Ativas** é responsável por manter informações sobre as tarefas ativas de cada usuário. Uma tarefa é considerada ativa quando ela foi inicializada pelo Serviço de Gerenciamento de Tarefas e ainda não foi concluída nem cancelada. Foram adicionados ao STA mecanismos de persistência para as tarefas ativas e também das tarefas delegadas. A comunicação entre o SC e o STA é feita através de requisições HTTP. A tarefa é retirada da lista de tarefas ativas do usuário e adicionada na lista de tarefas delegadas da especialidade. Quando um médico, que possui a especialidade para qual a tarefa foi delegada, atribuir a tarefa para si, a tarefa é removida da lista de tarefas delegadas e adicionada na lista de tarefas ativas do usuário. Quando o clínico retomar a tarefa, o objeto é buscado do banco de dados e desserializado, então o usuário pode continuar a tarefa do ponto onde ela parou.

O Serviço de Tarefas Ativas foi implementado no ClinicSpace como uma extensão do *HttpService* do EXEHDA, que é usado como base para todos os serviços do tipo cliente/servidor do *middleware*.

O formato utilizado para a URL é *protocol://user@cell/op*, onde:

- *protocol* – indica o protocolo usado;
- *user* – indica para qual usuário a operação está sendo solicitada;
- *cell* – indica a EXEHDAcel (área de atuação) a qual pertence o usuário;
- *op* – indica a operação que está sendo solicitada.

Exemplo de construção da url: *tms://tuco@gmob/delegate?spec=1*, onde *tms* é o protocolo (*task manager service*), que depois será transformado em HTTP, *tuco* é o usuário, *gmob* é a EXEHDAcel e *delegate* é a operação solicitada. Os demais parâmetros (*spec* é a especialidade) são passados utilizando o formato *query string*.

3.2 Estudo de Caso

Devido ao número de profissionais das mais diversas áreas envolvidos no ambiente clínico, a troca de informações entre os médicos é um ponto chave. A forma de trabalho é altamente colaborativa e o atendimento a um paciente envolve, em geral, várias especialidades [Bardram 2007]. A seguir é descrito um cenário para ilustrar o suporte à colaboração utilizando os conceitos do ClinicSpace.

O Dr. Kroth chega para trabalhar no hospital em seu último dia antes de começar as férias. Ele inicia o seu turno indo ao escritório localizado na ala do hospital, o sistema detecta a sua presença e abre uma tela de confirmação de identificação no computador da sala. Depois da verificação feita, a lista dos pacientes que estão sob o seu cuidado são mostradas na tela, além das tarefas que foram encaminhadas para a sua especialidade médica ou diretamente para o médico. Neste caso de uso existe uma aplicação que faz o gerenciamento das tarefas do usuário utilizando a infraestrutura do projeto (Figura 5).

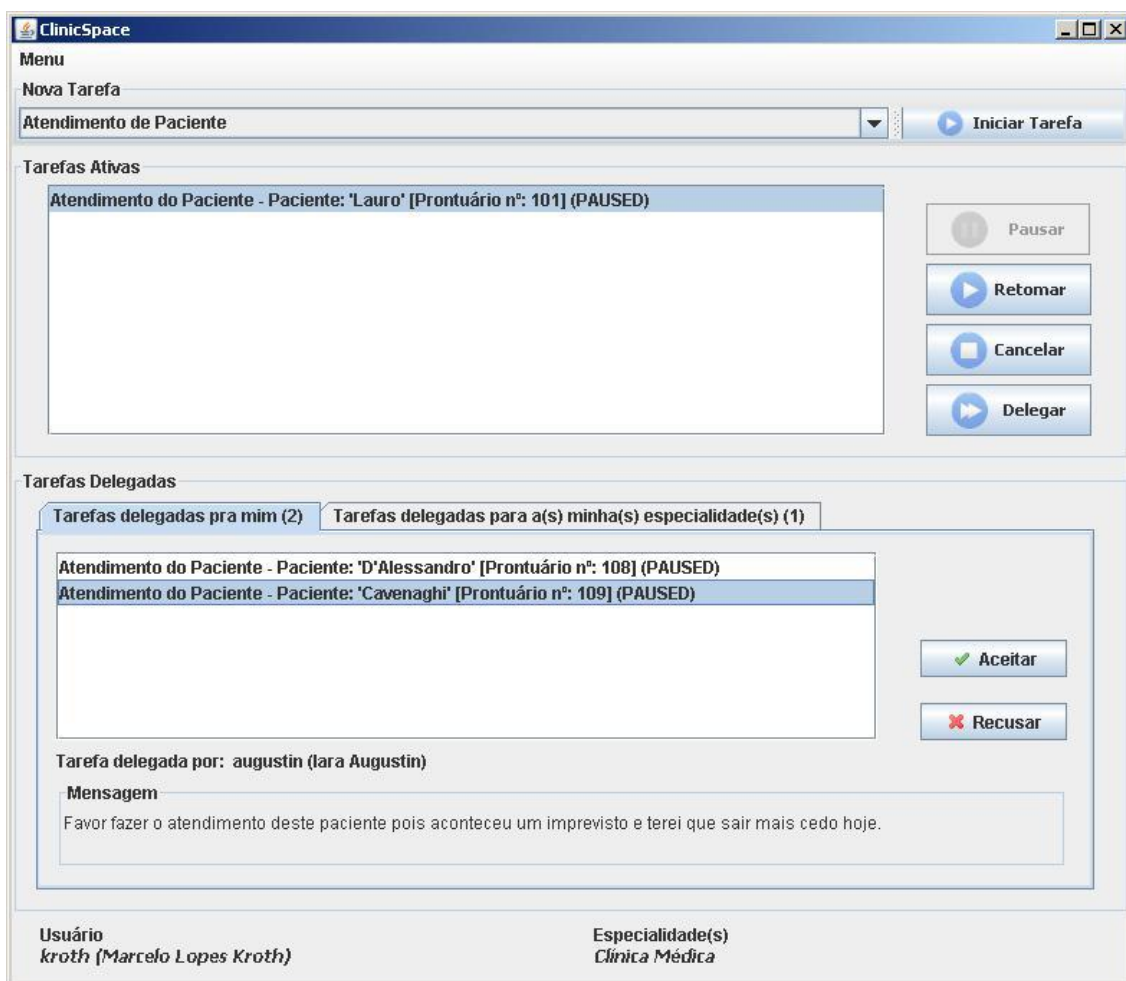


Figura 5 - Tela do Gerenciador de Tarefas

É possível pausar, retomar, cancelar e delegar as tarefas do usuário que estão ativas, bem como iniciar uma nova tarefa. Na mesma tela da aplicação também são mostradas as tarefas delegadas para o usuário e também para sua(s) a(s) especialidade(s), permitindo que o usuário aceite ou recuse a tarefa, no caso de delegação para o usuário e ‘atribua pra ele’, no caso de delegação para a sua(s) a(s) especialidade(s).

Após fazer o planejamento de suas atividades, o Dr. Kroth vai até o quarto do primeiro paciente que ele irá visitar hoje, chegando lá ele se aproxima de uma tela localizada junto ao leito e confirma uma mensagem que está perguntando se ele quer continuar o atendimento ao paciente. Ele termina a visita atualizando as informações no sistema e encaminhando a tarefa do atendimento para a Dra. Cameron, que já conhece o histórico do paciente. Neste estudo de caso, o ClinicSpace, utilizando informações de contexto, detecta a presença do médico no quarto do paciente e sugere a retomada da tarefa que está pausada envolvendo o paciente do quarto. Em seguida, ele encaminha a tarefa para a Dra. Cameron, utilizando o botão ‘Delegar’ na tela do gerenciador de tarefas. A Figura 6 mostra a tela da delegação de tarefa onde o médico pode escolher delegar a tarefa para uma especialidade médica ou para algum profissional específico, informando uma mensagem para quem receber a tarefa.

O Dr. Kroth sai do quarto e, enquanto espera o elevador, retira um dispositivo móvel do bolso e consulta o resultado dos exames do segundo paciente que ele está indo visitar. Chegando ao quarto do paciente, os dados dos exames são mostrados na tela junto ao leito. Algumas anomalias no resultado dos exames, combinados com alguns sintomas do paciente, faz o Dr. Kroth tomar a decisão de pedir uma opinião para um colega de outra especialidade. Ele explica a situação ao paciente e, utilizando a tela junto ao leito, encaminha a solicitação para a especialidade médica desejada. Neste caso o médico aciona o botão ‘Delegar’ no gerenciador de tarefas e escolhe a especialidade médica desejada na tela da delegação de tarefa.

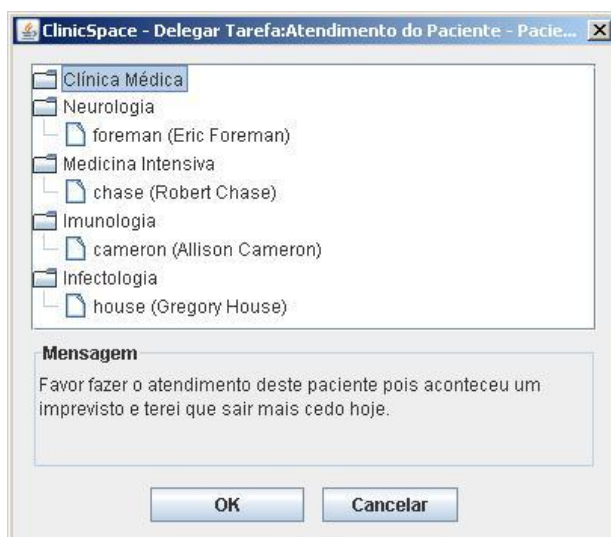


Figura 6 - Tela da Delegação de Tarefa

O Dr. Kroth volta ao escritório da ala do hospital, o sistema detecta sua presença na sala e lhe é mostrado o resultado dos exames de um paciente que o Dr. House lhe encaminhou. Ele escreve suas impressões sobre o caso e devolve ao Dr. House. O Dr.

Kroth nota que está se aproximando o final do horário do seu turno, ele verifica no sistema se existem atividades que ainda não estão finalizadas, o sistema lhe avisa e ele encaminha para os médicos ou especialidades mais adequados. Não tendo mais nenhuma atividade pendente, o Dr. Kroth está com o sentimento de dever cumprido, se despede dos colegas do hospital e começa a pensar nos detalhes das suas férias. Neste caso o Dr. House usou a funcionalidade ‘Delegar’ do gerenciador de tarefas e encaminhou a tarefa para o Dr. Kroth. Na tela do Dr. Kroth a tarefa apareceu na aba ‘Tarefas delegadas pra mim’ do gerenciador de tarefas. O Dr. Kroth aceita a tarefa, que passa a ser mostrada na lista de tarefas ativas. Agora o Dr. Kroth pode retomar a tarefa, analisar o resultado dos exames e delegar a tarefa de volta ao Dr. House.

4. Trabalhos Relacionados

Outros projetos serviram como fonte para as ideias utilizadas no ClinicSpace. Pode-se destacar o uso do *middleware* EXEHDA, o projeto Aura, que foi o precursor a utilizar o conceito de computação baseada em tarefas, e o projeto *Activity-based Computing* (ABC) que orientou a definição dos conceitos relacionados a atividades ou tarefas na área da saúde.

4.1 Projeto Aura

O projeto *Aura* [Garlan 2002] tem por objetivo promover uma arquitetura que gerencia um sistema pervasivo baseado nas atividades realizadas pelo usuário e possui mecanismos de busca e adaptação aos recursos disponíveis no ambiente. Foi o precursor ao utilizar o conceito de computação baseada em tarefas, permitindo que o usuário possa manter a continuidade de suas atividades mesmo se deslocando de um ambiente para outro, e motivou o desenvolvimento de vários outros projetos.

O conceito principal da arquitetura é a “aura” computacional do usuário, a qual se constitui em um sistema de identificação automática do usuário, de sua tarefa e dos requisitos necessários para sua realização. Baseado nas informações obtidas da “aura” do usuário, o sistema busca, de maneira proativa, os serviços e recursos disponíveis e mais adequados à realização da tarefa.

Um caso de colaboração apresentado no projeto foi o *Idealink* [Garlan 2002], uma aplicação desenvolvida utilizando a infraestrutura *Aura*. O *Idealink* é uma espécie de quadro negro distribuído e compartilhado utilizando mecanismos de colaboração síncrona, ou seja, suporte a múltiplas sessões onde os usuários podem escrever ou desenhar simultaneamente. O *Aura* possui suporte a alguns requisitos que podem ser utilizados para colaboração, porém deixa a cargo das aplicações essa responsabilidade, não possuindo de forma nativa essas características em sua infraestrutura computacional.

4.2 Projeto Activity-Based Computing (ABC)

O projeto ABC [Bardram 2007] tem como foco dar suporte computacional para o trabalho clínico em hospitais. A filosofia utilizada foi a da mobilidade e colaboração. Para tanto, foi desenvolvido um *framework ABC*, que é a infraestrutura de suporte para a Computação Pervasiva, com o objetivo de dar suporte à atividade humana, à colaboração e à mobilidade através de ambientes computacionais heterogêneos.

Através de funcionalidades direcionadas aos usuários, podem-se utilizar mecanismos de comunicação entre os profissionais de diferentes especialidades, permitindo que as informações estejam sempre disponíveis. A ideia básica do ABC é o compartilhamento das tarefas por todos os usuários autorizados e que, a qualquer momento, eles possam participar de uma atividade. Quando mais de um usuário participa de uma tarefa ao mesmo tempo, mecanismos de colaboração em tempo real ficam disponíveis, incluindo teleapontador (*telepointer*), audioconferência e informações sobre os participantes da atividade [Bardram 2007].

4.3 Comparativo entre os Projetos

As características de mobilidade, interrupção e colaboração relacionadas às atividades da área da saúde fazem com que ambientes clínicos tenham um grande potencial para pesquisas sobre colaboração pervasiva. Os projetos ABC e ClinicSpace inovam ao estudar tais características de forma integrada a sistemas pervasivos com o objetivo de melhorar o trabalho dos clínicos.

O *Aura* serviu de inspiração para vários outros projetos por ser o precursor a utilizar o conceito de computação baseada em tarefas e possui requisitos que podem ser utilizados para colaboração. A infraestrutura pode ser usada para o desenvolvimento de alguma aplicação com finalidade específica (por exemplo, um quadro colaborativo para auxiliar em diagnósticos usando como base o *Idealink*), porém a colaboração não é uma característica intrínseca às atividades na arquitetura do *Aura*.

O ABC tem como ponto forte a colaboração síncrona, utilizada principalmente para diagnósticos, possuindo mecanismos de comunicação entre os profissionais envolvidos, como compartilhamento de uma imagem de raios-X. A colaboração assíncrona é a mesma colaboração síncrona, ou seja, os profissionais autorizados podem participar ou modificar a atividade a qualquer momento.

O ClinicSpace possui o foco na atividade médica e tem o diferencial de permitir personalização das tarefas. Permite a colaboração assíncrona entre os médicos através da delegação de tarefas, que pode ser usada para solicitar a opinião de outro especialista ou encaminhar a um colega uma atividade que ainda não foi concluída, semelhante a um workflow.

5. Considerações Finais

O projeto ClinicSpace utiliza os conceitos de Computação Pervasiva para auxiliar os médicos na execução de suas tarefas em um ambiente hospitalar. O objetivo é permitir aos médicos a personalização da execução de suas tarefas, que são gerenciadas por uma infraestrutura computacional em um ambiente pervasivo. Uma das principais características do trabalho do médico em um ambiente clínico é a colaboração. Este artigo apresenta as soluções criadas para modelar e implementar mecanismos para dar suporte à colaboração na arquitetura ClinicSpace.

O projeto ClinicSpace ainda está em desenvolvimento. Os próximos passos da nossa pesquisa são analisar o impacto das alterações realizadas na arquitetura no desempenho das aplicações e avaliar os aspectos de usabilidade do sistema em um ambiente real.

Referências

- Augustin, I., Lima, J. , Yamin, A. (2006) “Computação Pervasiva: como Programar Aplicações”, X Simpósio Brasileiro de Linguagens de Programação (SBLP), RJ.
- Bardram, J. E. Christensen, H. (2007) “Pervasive Computing Support for Hospitals: An overview of the Activity-Based Computing Project”, IEEE Pervasive Computing, vol. 6, no. 1, pp. 44-51.
- Barsottini, C., Wainer, J. (2006) “Análise do padrão de colaboração entre médicos por meio do prontuário do paciente”, Congresso Brasileiro de Informática em Saúde Informática em Saúde e Cidadania, Florianópolis, SC, Brasil.
- Cabitzza, F., Locatelli M., Sarini M. and Simone C. (2006) “CASMAS: Supporting Collaboration in Pervasive Environments”, Proceedings of the Fourth Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, pp. 286-295, March 13-17.
- Ferreira, G., Augustin, I., Librelotto, G. , Silva, L., Yamin, A. (2009) “Middleware for management of end-user programming of clinical activities in a pervasive environment”, In Workshop on Middleware for Ubiquitous and Pervasive Systems, volume 389, pp. 07–12.
- Ferreira, G. (2009) “Adicionando ao Middleware EXEHDA o Suporte a Aplicações Orientadas a Atividades Humanas Cotidianas”. Dissertação de Mestrado em Informática, PPGI, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- Garlan, D., Siewiorek, D., Smailagic, A., Steenkiste, P. (2002) “Project Aura: Toward Distraction-Free Pervasive Computing”, IEEE Pervasive Computing, v.1 n.2, pp. 22-31, April.
- Jha, A., Desroches, C., Campbell, E., Donelan, K., Rao, S., Ferris, T., Shields, A., Rosenbaum, S., Blumenthal, D. (2009) “The Use of Electronic Health Records in U.S. Hospitals”. In: New England Journal of Medicine. 360:1628-1638.
- Miller, R., Sim, I. Physicians (2004) “Use of Electronic Medical Records: Barriers And Solutions”. In: Health Affairs, 23, no. 2. pp. 116-126.
- Vicentini, C., Machado, A. Ferreira, G., Lorenzi, F., Augustin, I. (2010) “PEHS – Arquitetura de um Sistema de Informação Pervasivo para Auxílio às Atividades Clínicas”, Revista Brasileira de Computação Aplicada, Passo Fundo, pp. 69-80.
- Weiser, M. (1991). “The Computer for the 21st Century”. Scientific American, 265 (3), pp. 94–104, September.
- Yamin, A., Augustin, I., Barbosa, J., Silva, L., Real, R., Schaeffer, A., Geyer, C. (2005) “EXEHDA: adaptative middleware for building a pervasive grid environment”, In Artificial Intelligence and Applications - Self-Organization and Autonomic Informatics, volume 135, pp. 203–219. IOS Press.