

Uma Solução para Composição de Serviços de Gerenciamento de Redes Utilizando Padrões Web Services¹

Ricardo Lemos Vianna, Lisandro Zambenedetti Granville (orientador)

Instituto de Informática, UFRGS – Porto Alegre, RS

rvianna@gmail.com, granville@inf.ufrgs.br

Abstract. *Web Services composition can potentially solve several problems of the network management area, turning feasible the creation of more complex services based on simpler ones. This work aims at investigating Web Services composition applied to network management. An architecture using the WS-BPEL standard is proposed. To define new compositions, we developed a Web tool, which automatically generates WS-BPEL code. Performance evaluations were carried out to check the associated network impact.*

Resumo. *A composição de Web Services pode potencialmente resolver diversos problemas da área de gerenciamento de redes, tornando viável a construção de serviços mais sofisticados baseados em serviços mais simples. Este trabalho tem por objetivo investigar a composição de Web Services aplicada ao gerenciamento de redes de computadores. Para tanto, uma arquitetura, usando o padrão WS-BPEL, foi proposta. Para definir novas composições, uma ferramenta Web foi desenvolvida, a qual gera automaticamente o código WS-BPEL. Além disso, foram realizadas avaliações de desempenho para verificar o impacto na rede das composições.*

1. Introdução

O SNMP (*Simple Network Management Protocol*) [Harrington et al. 2002], padrão *de facto* para gerenciamento de redes TCP/IP, é amplamente utilizado e suportado nas redes atuais. Porém, o SNMP apresenta problemas (*e.g.*, segurança, desempenho e flexibilidade) que inibem seu uso além das tarefas de monitoração ou inventário de redes. Alternativas ao SNMP vêm sendo propostas, mas as principais questões permanecem, efetivamente, não resolvidas, pelo menos sob o ponto de vista prático da maioria dos administradores de rede. Além dos problemas citados anteriormente, outra importante desvantagem do SNMP, e que é central a este trabalho, é a falta de um suporte apropriado à composição de serviços de gerenciamento. A composição de serviços é importante porque permite a criação de serviços de gerenciamento sofisticados construídos a partir de um conjunto de serviços mais simples.

A tecnologia de Web Services, por outro lado, vem chamando a atenção, tanto da indústria quanto da comunidade acadêmica, como uma alternativa concreta ao SNMP. Na indústria, fabricantes vêm padronizando Web Services para gerenciamento em duas especificações principais: WS-Management do DMTF (*Distributed Management Task Force*) e MUWS (*Management Using Web Services*) do consórcio

¹ Texto completo da dissertação disponível em: <http://www.inf.ufrgs.br/~rvianna/dissertacao-vianna.pdf>

OASIS (*Organization for the Advancement of Structured Information Standards*). Essencialmente, ambas as especificações definem operações Web Services a serem usadas para gerenciar sistemas finais (*e.g.*, servidores, desktops, roteadores). A motivação para usar Web Services e seu protocolo SOAP (*Simple Object Access Protocol*) está no fato de essas tecnologias abordarem, desde sua concepção inicial, problemas que as pesquisas sobre SNMP vêm tentando resolver há anos. Por exemplo, Web Services possuem padrões específicos para composição de serviços, como o WS-BPEL (*Web Services Business Process Execution Language*) [Alves et al. 2006], enquanto o SNMP ignora completamente esse aspecto não fornecendo nenhuma facilidade ou suporte para composição de serviços de gerenciamento de redes.

Apesar das limitações do SNMP, não é realista imaginar que Web Services substituirão totalmente o SNMP, ao menos em curto prazo. Dispositivos baseados em SNMP provavelmente subsistirão por anos nas redes, pois substituir o SNMP exigiria atualizações ou a total substituição dos equipamentos gerenciados, o que é algo difícil, lento e, principalmente, caro de ser realizado. Além disso, não se conhece profundamente o impacto que os Web Services podem ter sob a própria infra-estrutura gerenciada, já que empregam mensagens XML mais longas que as mensagens curtas e otimizadas do SNMP. Assim, se por um lado o SNMP não suporta a composição de serviços mencionada anteriormente, não é ao mesmo tempo factível imaginar uma solução onde o SNMP seja totalmente substituído por Web Services. Em nossa pesquisa, utilizamos uma abordagem intermediária onde *gateways* SNMP para Web Services permitem que os dispositivos SNMP sejam preservados ao mesmo tempo em que a composição de serviços é materializada através do emprego de WS-BPEL. Como o impacto dos Web Services na rede gerenciada é algo menos conhecido atualmente, um conjunto de avaliações da solução proposta na dissertação foi também realizado.

O principal objetivo deste trabalho é mostrar que Web Services podem não apenas coexistir com o SNMP, mas também podem introduzir facilidades adicionais poderosas, como a composição de serviços, nos processos de gerenciamento de redes. Assim, o restante deste artigo está organizado da seguinte forma. Na seção 2 é apresentada uma arquitetura para composição de serviços de gerenciamento de redes baseada em WS-BPEL [Vianna et al. 2006a]. Para verificar o impacto na rede das composições, foram realizadas duas avaliações de desempenho, apresentadas na seção 3. Os resultados de uma avaliação mais genérica [Vianna et al. 2007a] e de outra considerando um estudo de caso específico [Vianna et al. 2007b], somados aos trabalhos anteriores [Neisse et al. 2004] [Vianna et al. 2006b] [Lima et al. 2006] permitem compreender o comportamento dos Web Services em tarefas de gerenciamento, e chegar a conclusões apresentadas na seção 4, que encerra este artigo.

2. Arquitetura para composição de serviços de gerenciamento

O uso de *gateways* Web Services para SNMP [Neisse et al. 2004] permite integrar dispositivos SNMP em um ambiente de gerenciamento baseado em Web Services. O emprego desses *gateways* evita que equipamentos de rede operando com SNMP tenham que ser substituídos, ao mesmo tempo em que habilita a evolução do sistema de gerenciamento ao incorporar as tecnologias de Web Services. Entretanto, *gateways*, por si só, não implementam nenhuma facilidade de composição. Isso de fato é realizado num nível superior aos *gateways*. Na arquitetura proposta (Figura 1), os *gateways* são

compostos utilizando o modelo de orquestração de Web Services [Curbera et al. 2003] e a especificação WS-BPEL. O elemento Agregador da arquitetura compõe os serviços de gerenciamento originalmente disponibilizados pelos *gateways* no nível inferior. O resultado dessa composição são novos serviços de gerenciamento ofertados pelo agregador a gerentes de mais alto nível. De fato, uma cadeia de agregadores pode ser também empregada, onde um agregador compõe serviços de outros agregadores. No topo da arquitetura encontra-se o Gerente Web Services, que é o consumidor final dos serviços de gerenciamento criados a partir das composições realizadas nos agregadores.

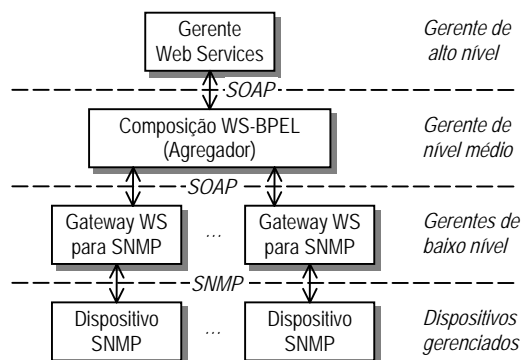


Figura 1. Arquitetura para composição de serviços de gerenciamento.

A lógica interna de uma composição de serviços de gerenciamento é algo definido por um gerente de rede humano, pois apenas este, conhecendo sua rede gerenciada, é capaz de determinar como e quais serviços de gerenciamento devem ser compostos. Para auxiliar na tarefa de definição das composições, foi implementada uma ferramenta Web que auxilia a criação dos novos serviços. A ferramenta gera como resultado composições WS-BPEL que são entregues aos agregadores da Figura 1. Duas abordagens de composição são empregadas em nossa solução [Vianna et al. 2006a]: agregação de informações de dispositivo e agregação de informações de rede.

Na abordagem de agregação de informações de dispositivo, todas as informações compostas são recuperadas a partir do mesmo dispositivo gerenciado, mesmo que diferentes *gateways* sejam utilizados. Esta abordagem visa compor informações relacionadas a diferentes aspectos do mesmo dispositivo. Por exemplo, um gerente interessado em obter a descrição do sistema de um dispositivo (objeto *sysDescr* do SNMP) e a lista de suas interfaces de rede (objeto *ifDescr* do SNMP) precisaria invocar apenas uma operação no agregador que executa a composição das duas informações do dispositivo. Considerando que *gateways* e composições estarão localizadas próximos dos dispositivos de rede, é possível reduzir o tráfego de rede e o tempo de resposta pois as comunicações intensivas do SNMP serão confinadas à vizinhança do dispositivo. Mesmo se os Web Services e o dispositivo gerenciado não estiverem próximos, a agregação de informações de rede é ainda útil, pois oferece uma interface de fácil uso para acesso às informações finais de gerenciamento.

A agregação de informações de rede, por outro lado, supõe que as informações de gerenciamento necessárias ao gerente Web Services estão distribuídas através de diferentes dispositivos. Portanto, a agregação de informações de rede opera sobre uma rede inteira, ao invés de sobre um único dispositivo, como na abordagem anterior. Agora, gerentes de rede coletam informações de vários dispositivos trocando apenas duas mensagens (uma requisição e uma resposta SOAP) com o Web Service composto

(o agregador). Isto evita que o gerente tenha que contatar, um por um, cada dispositivo ou *gateway* envolvido na composição, contribuindo para reduzir o tráfego na rede e o tempo de resposta, além de simplificar o acesso às informações de gerenciamento. Para ilustrar esta abordagem, pode-se imaginar que se deseja obter a lista dos sistemas operacionais em uso na rede. Ao invés de invocar a operação do *gateway* responsável por retornar a descrição do sistema (objeto *sysDescr* do SNMP) para cada dispositivo, o gerente pode usar uma composição WS-BPEL para realizar tal tarefa.

3. Avaliação de desempenho dos agregadores

As abordagens de agregação de informações apresentadas precisam ser avaliadas para ser possível saber se elas podem ser usadas de fato para o gerenciamento de redes. Assim, foram realizados dois estudos de avaliação de desempenho: uma avaliação genérica [Vianna et al. 2007a] e um estudo de caso específico [Vianna et al. 2007b].

Na avaliação de desempenho genérica, foi observado o comportamento dos agregadores de informações de dispositivo e de rede em termos de tempo de resposta e tráfego gerado. Para tanto, foram montados quatro cenários, dois para cada tipo de agregador. Cada cenário avaliou o comportamento dos agregadores em função da variação de parâmetros como número de *gateways* parceiros, dispositivos gerenciados e operações invocadas nos *gateways*. Na Figura 2, são apresentados os resultados de dois cenários, um com agregadores de informações de dispositivo (Figura 2a e 2b) e outro com agregadores de informações de rede (Figura 2c e 2d).

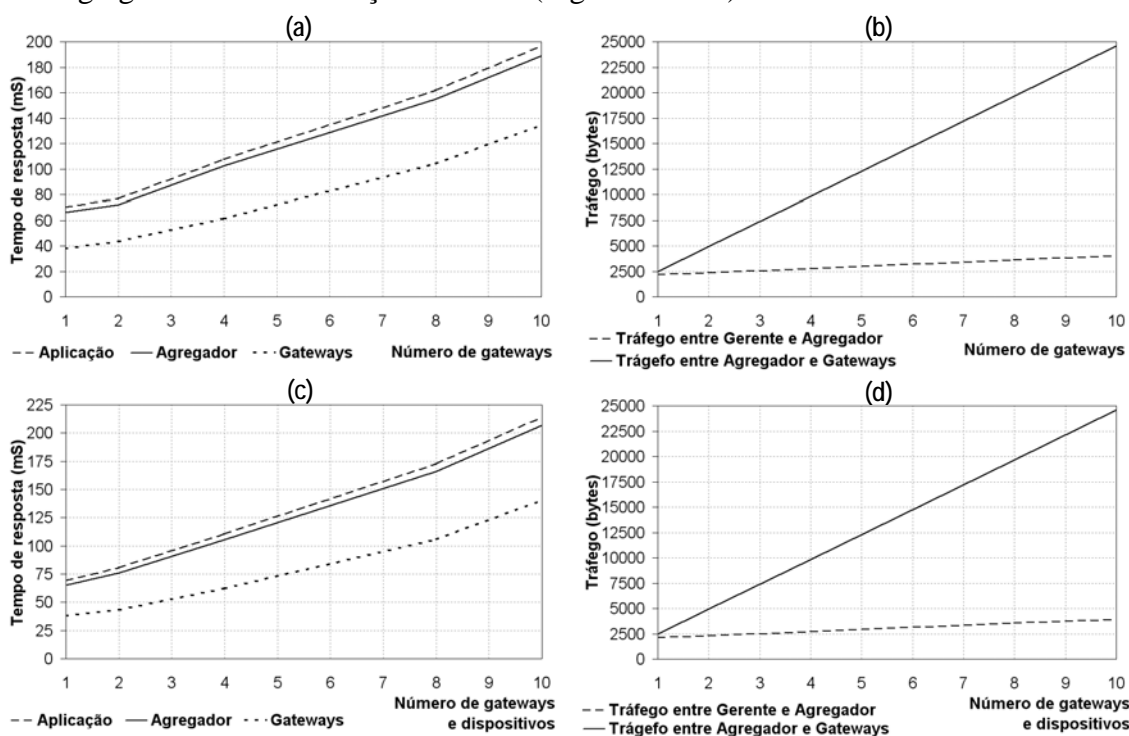


Figura 2. Avaliação de desempenho genérica

Em relação ao tempo de resposta (Figura 2a e 2c), os cenários apresentaram um comportamento semelhante. O atraso introduzido pelo agregador, medido pela diferença entre o tempo de resposta do agregador e dos *gateways*, cresceu com o aumento do parâmetro variado, porém a uma taxa muito menor (um aumento de dez vezes na

quantidade de informações agregadas apenas dobrou tal atraso). Já em relação ao tráfego gerado na rede, pôde-se observar a expressiva diferença na taxa de crescimento do tráfego nos dois pontos medidos, entre o gerente e o agregador e entre o agregador e os *gateways*. Quanto maior a quantidade de informações agregadas pela composição maior será a diferença entre os dois tráfegos, pois, enquanto que entre o gerente e o agregador são trocadas sempre só duas mensagens (solicitação e resposta SOAP), entre o agregador e os *gateways* são trocadas duas mensagens para cada informação agregada, totalizando $2n$ mensagens (onde n é o número de informações agregadas). Isto permite reduzir enormemente o tráfego de dados junto à estação de gerenciamento.

Na segunda avaliação de desempenho, foi realizado um estudo de caso comparando composições de Web Services com uma solução existente baseada na MIB Script do IETF [Schönwälder et al. 2000]. Foram desenvolvidos dois tipos de composições de Web Services: composições WS-BPEL e *ad hoc*. Neste trabalho, “composições *ad hoc*” são composições de Web Services codificadas diretamente com uma linguagem de programação, ao invés de uma linguagem de composição. Embora permitam utilizar toda a flexibilidade de uma linguagem de programação, composições *ad hoc* podem aumentar a ocorrência de erros de implementação, pois o foco do desenvolvedor fica voltado tanto para a lógica do novo serviço quanto para os detalhes de programação. Já em uma composição WS-BPEL, detalhes de implementação de mais baixo nível são transparentes, ficando a cargo da *engine* de orquestração. Com isso, o foco volta-se principalmente à lógica do serviço, ainda mais se uma ferramenta gráfica for usada para auxiliar o desenvolvimento e gerar código de forma automática.

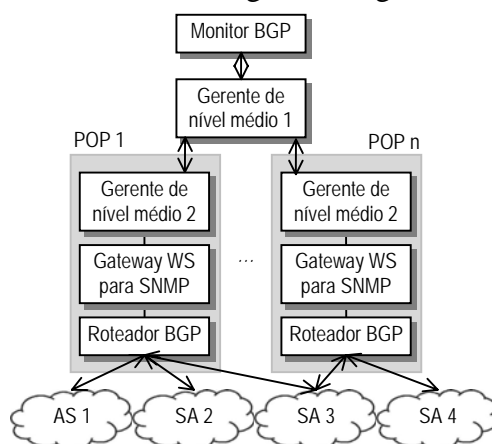


Figura 3. Ambiente do estudo de caso

O estudo de caso considerou o gerenciamento de roteadores BGP (*Border Gateway Protocol*). Foram criadas composições para gerenciar os pontos de troca de tráfego (PTTs) do *backbone* da RNP. Sistemas autônomos (SAs), conectados à RNP (Rede Nacional de Ensino e Pesquisa), constantemente anunciam rotas BGP nos 12 PTTs, localizados nos 27 POPs (*points of presence*) que a mesma possui no país. Esse ambiente precisa ser gerenciado, pois o mesmo SA pode anunciar rotas diferentes em diferentes PTTs, o que pode gerar problemas de roteamento ou violações de SLAs (*Service Level Agreements*). Além disso, a composição de informações de roteamento e conectividade dos PTTs permite fazer inferências sobre o crescimento e estabilidade da Internet no Brasil. Como o Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI-BR) possui o projeto PTTMetro para promover a infra-estrutura de PTTs entre as redes que compõem

a Internet no Brasil, tal gerenciamento torna-se particularmente importante.

Na solução desenvolvida, a composição de serviços de gerenciamento dos roteadores acontece em dois níveis. No nível mais baixo, é feita a composição das informações de um único roteador para computar o número de rotas anunciadas por um determinado SA. No nível superior, é preciso compor informações de diferentes roteadores para determinar a atividade global de um SA no *backbone* inteiro. A Figura 3 ilustra este ambiente de gerenciamento. A avaliação de desempenho ocorreu em duas etapas. Primeiramente (Figuras 4a e 4b), foram avaliadas as composições de mais baixo nível (gerentes de nível médio 2), que recuperam as informações de um único roteador. Na segunda etapa (Figuras 4c e 4d), as composições de mais alto nível (gerente de nível médio 1), que compõem as informações de todos os roteadores, foram avaliadas.

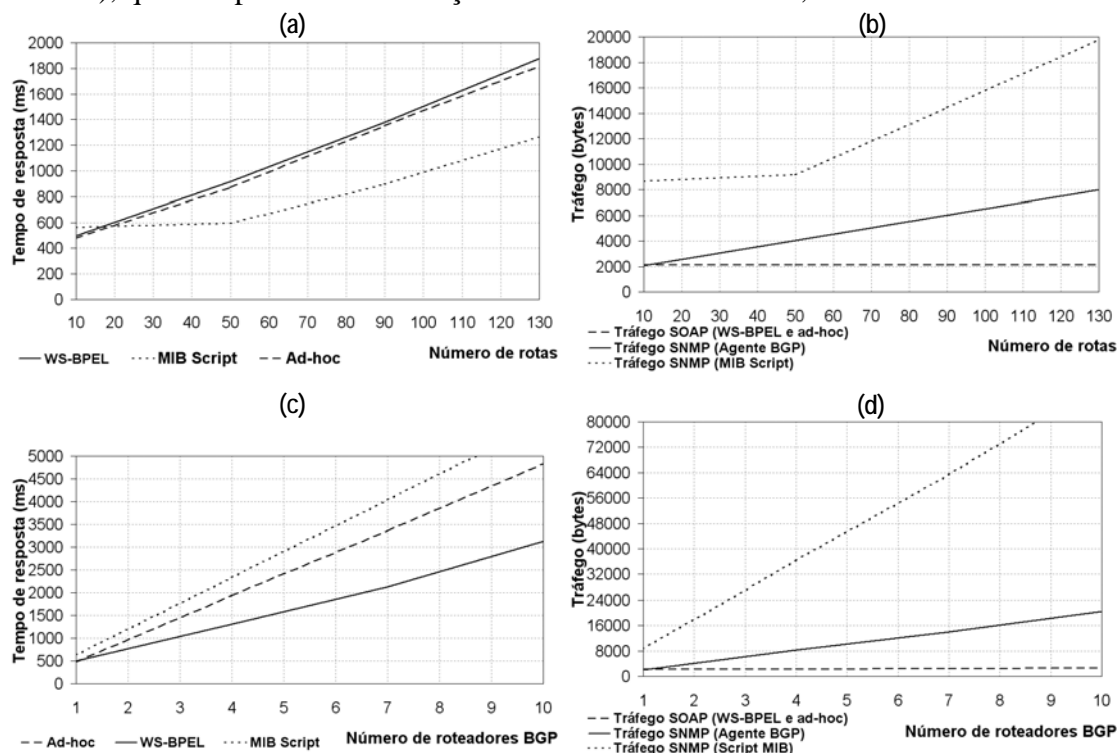


Figura 4. Avaliação de desempenho do estudo de caso

Em relação ao tráfego gerado na rede (Figura 4b e 4d), nos dois níveis de composição, pôde-se observar a grande redução proporcionada pelas composições Web Services (WS-BPEL e *ad hoc*), comparando-se com a composição MIB Script, ou mesmo com o uso direto de SNMP para acesso aos roteadores. A solução usando MIB Script teve o pior desempenho nesse aspecto. Já as composições Web Services geraram o mesmo tráfego na rede, pois, como o mesmo *gateway* foi usado, a técnica de composição não influencia no tráfego. Sobre o tempo de resposta, no nível mais baixo de composição (Figura 4a), a solução MIB Script obteve o melhor desempenho, desde que se use um baixo intervalo de *polling* para detectar rapidamente o término da execução dos scripts. Entretanto, esse baixo tempo de resposta leva a um alto tráfego na rede. Nesse mesmo nível, as composições Web Services obtiveram praticamente o mesmo resultado. O tempo de resposta da solução WS-BPEL foi levemente superior, mostrando que a adoção da nova camada WS-BPEL na pilha de tecnologias e o uso da *engine* de orquestração não impactaram significativamente no tempo de resposta,

comparando-se com as composições *ad hoc*. Já no nível mais alto de composição (Figura 4c), a solução WS-BPEL obteve o melhor tempo de resposta, em função das requisições nativamente paralelas do WS-BPEL. Enquanto nas demais soluções é necessário manipular diretamente *threads* para se conseguir algum paralelismo, no caso do WS-BPEL isto é obtido sem nenhum custo extra de programação.

4. Conclusões e trabalhos futuros

A contribuição principal deste trabalho é abordar questões ainda em aberto para a área de gerenciamento de redes. Como composições de Web Services podem ajudar as tarefas de gerenciamento e a superar as limitações do SNMP? Qual o desempenho em relação a outras abordagens? Sendo uma funcionalidade nova no contexto de Web Services e, considerando-se a importância que os Web Services vêm recebendo e a falta de outros trabalhos na área, tal contribuição torna-se extremamente relevante.

Através das duas estratégias de uso de composições de Web Services propostas, a agregação de informações de dispositivo e de rede, é possível construir sofisticados serviços de gerenciamento sobre uma infra-estrutura básica de Web Services. A arquitetura proposta possibilita a implantação de uma hierarquia de gerentes, onde um gerente de alto nível invoca um gerente de nível médio (agregador), que coordenará a execução de gerentes de nível mais baixo (*gateways*), promovendo o gerenciamento dos dispositivos. Isto simplifica as aplicações de gerenciamento, transferindo a lógica da composição e a coordenação dos Web Services para os gerentes intermediários, também contribuindo para reduzir o tráfego próximo à estação de gerenciamento.

Conforme os resultados da avaliação de desempenho genérica, a camada de composição (agregador) introduziu um atraso, em termos de tempo de resposta, comparando-se com o uso direto dos *gateways*. Entretanto, apesar de este atraso crescer juntamente com o aumento na quantidade de informações agregadas, isto se dá numa proporção muito menor (um aumento de dez vezes na quantidade de informações apenas dobrou o atraso), podendo, eventualmente, ser desconsiderado para um grande volume de informações. Em relação ao tráfego na rede, esta mesma avaliação de desempenho comprovou a grande redução de dados junto à estação de gerenciamento. Para o mesmo aumento de dez vezes na quantidade de informações agregadas, o tráfego entre o agregador e os *gateways* também cresceu aproximadamente dez vezes, enquanto que o tráfego entre o gerente e o agregador não chegou a dobrar.

O estudo de caso de gerenciamento de roteadores BGP, por sua vez, possibilitou observar o comportamento dos agregadores em um cenário prático. Os resultados da composição das informações dos diversos POPs mostraram a grande redução no tempo de resposta proporcionada pelas requisições nativamente paralelas do WS-BPEL, ganho este que aumenta quando mais POPs precisam ser consultados. Uma importante observação que resultou do estudo de caso foi o tempo de resposta praticamente igual obtido pelos dois tipos de composições Web Services (WS-BPEL e *ad hoc*) na avaliação das composições de mais baixo nível (gerente de nível médio 2). Ou seja, o *overhead* introduzido pela infra-estrutura de composição é mínimo, quando comparado com composições codificadas diretamente (*ad hoc*).

Por fim, novas avaliações de desempenho são necessárias, tais como uso de CPU e memória, bem como outros estudos de casos envolvendo composição de

serviços. Notificações também precisam ser investigadas em um ambiente baseado em composições, dando prosseguimento a um estudo anterior [Lima et al. 2006]. Além disso, a ferramenta pode ser aprimorada para gerar composições mais sofisticadas, usando construções mais complexas do WS-BPEL. Mecanismos de tolerância a falhas presentes no WS-BPEL são outro ponto que precisa ser investigado, ainda mais se for considerado o seu uso em tarefas críticas, como gerenciamento de configuração.

Referências

- Alves, A. et al. (2006) “Web Services Business Process Execution Language Version 2.0”, Committee Draft, OASIS, <http://www.oasis-open.org/committees/download.php/18714/wsbpel-specification-draft-May17.htm>.
- Curbera, F. et al. (2003) “The Next Step in Web Services”, In: Communications of the ACM, Vol. 46, Issue 10.
- Fioreze, T., Granville, L. Z., Almeida, M. J. B. and Tarouco, L. M. R. (2005) “Comparing Web Services with SNMP in a Management by Delegation Environment”, In: 9th IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management, p. 601-614.
- Harrington, D., Presuhn, R. and Wijnen, B. (2002) “An Architecture for Describing Simple Network Management Protocol Management Frameworks”, RFC 3411.
- Lima, W., Alves, R. S., Vianna, R. L., Almeida, M. J. B., Tarouco, L. M. R. and Granville, L. Z. (2006) “Evaluating the Performance of SNMP and Web Services Notifications”, In: 10th IFIP/IEEE Network Operations and Management Symposium, p. 546-556.
- Neisse, R., Vianna, R. L., Granville, L. Z., Almeida, M. J. B. and Tarouco, L. M. R. (2004) “Implementation and Bandwidth Consumption Evaluation of SNMP to Web Services Gateways”, In: 9th IFIP/IEEE Network Operations and Management Symposium, p. 715-728.
- Schönwälder, J. et al. (2000) “Building Distributed Management Applications with the IETF Script MIB”, In: IEEE Journal on Selected Areas in Communications, v.18 n.5.
- Vianna, R. L., Almeida, M. J. B., Tarouco, L. M. R. and Granville, L. Z. (2006a) “Investigating Web Services Composition Applied to Network Management”, In: IEEE International Conference on Web Services, p. 531-540.
- Vianna, R. L., Almeida, M. J. B., Tarouco, L. M. R. and Granville, L. Z. (2007a) “Evaluating the Performance of Web Services Composition for Network Management”, In: IEEE International Conference on Communications, p. 1943-1948.
- Vianna, R. L., Fioreze, T., Granville, L. Z., Almeida, M. J. B. and Tarouco, L. M. R. (2006b) “Comparando Aspectos de Desempenho do Protocolo SNMP com Diferentes Estratégias de Gateways Web Services”, In: 24º Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, p. 1183-1196.
- Vianna, R. L., Polina, E. R., Marquezan, C. C., Bertholdo, L., Tarouco, L. M. R., Almeida, M. J. B. and Granville, L. Z. (2007b) “An Evaluation of Service Composition Technologies Applied to Network Management”, In: 10th IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management, p. 420-428.