

# GigaManP2P – Tecnologia Peer-To-Peer Aplicada no Gerenciamento de Redes Ópticas

Lisandro Zambenedetti Granville<sup>1</sup>, Luci Pirmez<sup>2</sup>, Elias Procópio Duarte Jr.<sup>3</sup>, José Neuman de Souza<sup>4</sup>, Rossana Maria de Castro Andrade<sup>4</sup>, Liane Margarida Rockenbach Tarouco<sup>1</sup>, Reinaldo de Barros Correia<sup>2</sup>, Alexandre Lages<sup>2</sup>

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Instituto de Informática<sup>1</sup>  
Av. Bento Gonçalves, 9500 - Bloco IV - Porto Alegre, RS

{granville, liane}@inf.ufrgs.br

Universidade Federal do Rio de Janeiro - Núcleo de Computação Eletrônica<sup>2</sup>  
Prédio do CCMN, Bloco C - Cidade Universitária, Ilha do Fundão - Rio de Janeiro, RJ

{luci, alexandrelages}@nce.ufrj.br, reinaldo@posgrad.nce.ufrj.br

Universidade Federal do Paraná - Depto. Informática<sup>3</sup>  
Caixa Postal 19018 - Curitiba, PR

elias@inf.ufpr.br

Universidade Federal do Ceará - Departamento de Computação<sup>4</sup>  
Campus do Pici, Bloco 910 - Fortaleza, CE

{neuman, rossana}@lia.ufc.br

**Resumo.** O gerenciamento de redes ópticas envolve não apenas a monitoração e configuração da infra-estrutura de comunicação, mas também o provisionamento de serviços diretamente aos usuários. As soluções convencionais de gerenciamento, normalmente baseadas no protocolo SNMP (Simple Network Management Protocol), não são suficientes para o gerenciamento de redes ópticas, pois não são capazes, por exemplo, de fornecer suporte à instalação de novos serviços sob demanda e de permitir a cooperação remota entre operadores localizados em domínios administrativos diferentes. Este artigo introduz a solução de gerenciamento do projeto GigaManP2P, que utiliza tecnologia peer-to-peer (P2P) como base para um sistema de gerenciamento distribuído que fornece serviços de operação inovadores e apropriados ao gerenciamento de redes ópticas. Em seguida, é apresentado o conjunto de serviços de gerenciamento, foco deste artigo, que a rede P2P proposta deve fornecer para três tipos distintos de clientes: operadores de rede, usuários e aplicações.

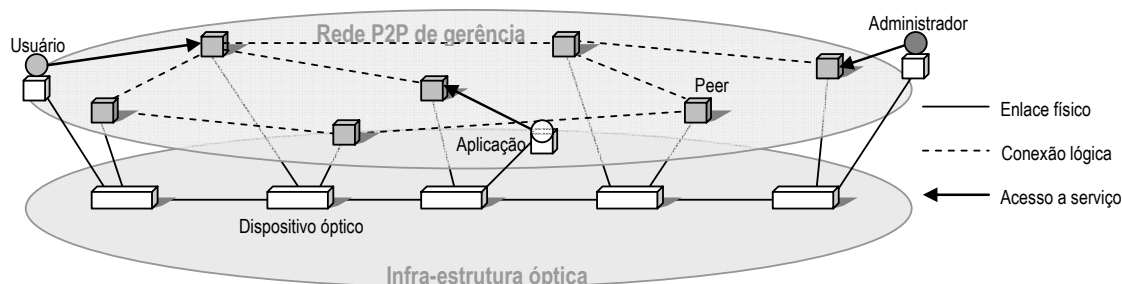
## 1. Introdução

Redes ópticas têm sido investigadas intensamente e nos últimos anos *backbones* baseados nessa tecnologia vêm gradativamente substituindo os *backbones* convencionais. Além de uma largura de banda consideravelmente maior, as facilidades de comunicação apresentadas por redes ópticas também são mais expressivas que aquelas encontradas em redes construídas com as tecnologias tradicionais. Por outro lado, a operação de um *backbone* óptico (i.e. sua monitoração, configuração e manutenção), quando comparado ao gerenciamento convencional, apresenta novos

desafios.

Nesse contexto, uma solução para o gerenciamento de redes ópticas está em desenvolvimento no projeto GigaManP2P, junto à rede do Projeto Giga da RNP (Rede Nacional de Ensino e Pesquisa) (Giga 2003). Um diferencial importante desta solução em relação às demais é que ela é fortemente baseada em tecnologias *peer-to-peer* (P2P) permitindo um gerenciamento distribuído e cooperativo. Entende-se por infra-estrutura P2P para gerenciamento de redes, um conjunto de *peers* que fazem a interface entre clientes e a infra-estrutura física, neste caso a rede óptica.

O projeto GigaManP2P possui *peers* que são capazes tanto de obter informações de estado como de aplicar ações de gerenciamento na rede física. Estes *peers* são capazes de atender requisições de três tipos de clientes distintos: operadores (i.e. administradores) de rede, usuários convencionais, e aplicações dos usuários. A Figura 1 apresenta esquematicamente os elementos da rede P2P de gerenciamento proposta.



**Figura 1 – Infra-estrutura P2P para gerenciamento de redes ópticas**

O objetivo deste artigo é apresentar os serviços de gerenciamento da rede P2P do projeto GigaManP2P disponibilizados através dos seus *peers*. Os serviços definidos podem ser acessados pelos três clientes citados anteriormente. Na seção 2 são apresentados os serviços de gerenciamento disponibilizados aos operadores de rede. A seção 3 apresenta os serviços disponibilizados aos usuários da rede. A seção 4 mostra os serviços oferecidos às aplicações, semelhantes aos oferecidos aos usuários da rede, diferenciados apenas quanto à forma de acesso a tais serviços. Uma última classe de serviços para comunicação e manutenção da própria rede P2P de gerenciamento é descrita na seção 5. Por fim, as considerações finais e os trabalhos futuros são apresentados na seção 6.

## 2. Serviços Oferecidos aos Operadores de Rede

Os operadores humanos são responsáveis por garantir o correto funcionamento de uma rede óptica, de forma a suprir as necessidades de comunicação dos usuários. Um operador, em contato com um *peer*, tem acesso aos serviços de manipulação e uso de políticas, de difusão e execução de *scripts* de gerenciamento, de disseminação de agentes móveis e de monitoração da conectividade da rede.

O serviço de *manipulação e o uso de políticas* permite ao operador determinar como a infra-estrutura óptica deve responder às requisições dos usuários e das aplicações, principalmente em relação à qualidade de serviço (QoS – *Quality of Service*), ao tráfego *multicast* e a segurança. Além disso, o uso de políticas permite ao

operador abstrair as particularidades de configuração dos dispositivos ópticos, já que cada *peer* traduz as políticas expressas em alto nível em ações de configuração particulares dos dispositivos. Nesse contexto, um *peer* opera como um PDP (*Policy Decision Point*) da arquitetura PBNM (*Policy-Based Network Management*) (Strassner 2003) do IETF.

No processo de configuração dos dispositivos, os *peers* utilizam protocolos variados. Para lidar com essa diversidade de protocolos, um *peer* utiliza, internamente, configurações de dispositivos baseadas em XML (Enns 2004). Para dispositivos sem suporte para XML, os *peers* traduzem os documentos XML em ações do protocolo suportado pelo dispositivo (ex.: TELNET/CLI, SNMP, COPS, etc.).

O serviço de *difusão e de execução de scripts* de gerenciamento (Fioreze 2005) permite ao operador solicitar que a rede P2P execute ações na infra-estrutura óptica de forma a efetuar uma tarefa específica (ex.: criação de caminhos MPLS - *Multi-Protocol Label Switching* com alocação de banda para uma videoconferência). O suporte a *scripts* é baseado na MIB (*Management Information Base*) Script (Souza 2004), definida pelo IETF no contexto de gerenciamento por delegação. Cada *peer*, nesse caso, possui um agente SNMP (Case 2002) interno que suporta a MIB Script, de forma a permitir que *scripts* sejam enviados aos *peers* da infra-estrutura de gerenciamento.

O serviço de *disseminação de agentes móveis* é similar ao uso de *scripts*, exceto pelo fato dos agentes também serem utilizados como mecanismo de expansão dos serviços oferecidos. Nesse sentido, a disseminação de agentes móveis permite ao operador implantar novos serviços de gerenciamento na rede P2P.

Por fim, o serviço de *monitoração da conectividade da rede* permite ao operador verificar o estado corrente da infra-estrutura óptica para tomar decisões em relação à alocação de recursos aos usuários. Os protocolos utilizados na verificação do estado da rede, assim como na configuração, são aqueles suportados pelos dispositivos (ex.: ICMP, SNMP, etc.).

O acesso aos serviços da rede P2P, por parte do operador, é realizado através de HTTP (*HyperText Transport Protocol*) ou HTTPS (*HTTP Secure*). Cada *peer* possui um servidor HTTP que exporta interfaces Web para interação com o operador, de forma que o mesmo tenha acesso aos serviços. Nesse sentido, a rede P2P de gerenciamento se assemelha muito ao conceito de FreeNet que tem como representante mais importante o sistema BitTorrent de compartilhamento de recursos.

### **3. Serviços de Gerenciamento Disponibilizados aos Usuários**

Oferecer serviços de gerenciamento aos usuários permite que tais usuários também tenham controle, ainda que restrito, sobre os recursos de rede necessários à realização de suas tarefas. Os serviços de gerenciamento aos usuários são: solicitação de tráfego diferenciado, habilitação de transmissões *multicast*, e solicitação de notificações sobre o estado da rede.

O serviço de *solicitação de tráfego diferenciado* permite ao usuário agendar transmissões críticas e ter garantias de que a rede óptica irá respeitar os parâmetros de desempenho solicitados. Nesse caso, os *peers* da rede P2P podem ser vistos como *Bandwidth Brokers* (BB) da arquitetura de fornecimento de QoS DiffServ (Blake 1998). Para que as solicitações ocorram com sucesso, os *peers* precisam configurar os

dispositivos ópticos de rede de modo a fornecer a diferenciação de tráfego solicitada. Entretanto, tal configuração só é realizada se a solicitação do usuário estiver de acordo com as políticas de gerenciamento definidas pelo operador, como apresentado anteriormente.

O serviço de *habilitação de transmissão multicast* possibilita o usuário informar sua necessidade para realizar transmissões *multicast*. Finalmente, o serviço de *solicitação de notificações sobre o estado da rede* permite ao usuário solicitar que a infra-estrutura P2P envie notificações (ex.: e-mails) sobre eventos ou estados da infra-estrutura óptica. Assim como no serviço de solicitação de tráfego diferenciado, o de habilitação de *multicast* e o de solicitação de notificações só terão sucesso se estiverem de acordo com as políticas de rede definidas pelo operador.

Os serviços para os usuários também são acessíveis através de HTTP/HTTPS. Os usuários que desejam acessar um dos serviços disponíveis entram em contato com um *peer* da infra-estrutura de gerenciamento e, através de sua autenticação via interfaces Web, têm acesso aos seus serviços disponíveis.

#### **4. Serviços de Gerenciamento Disponibilizados às Aplicações**

Os mesmos serviços de gerenciamento disponibilizados aos usuários são disponibilizados também às aplicações. Entretanto, o método de acesso a esses serviços é diferente. No caso dos serviços oferecidos aos usuários, páginas Web são disponibilizadas pelos *peers*. Já no caso dos serviços oferecidos às aplicações, são Web Services que disponibilizam os serviços de gerenciamento. O uso de Web Services (Curbera 2002) permite, por exemplo, que uma aplicação cliente receba notificações de ociosidade da rede para então, automaticamente, iniciar uma transferência de arquivos de vídeo.

Serviços de gerenciamento disponibilizados às aplicações são especialmente importantes para aplicações de cooperação e compartilhamento de recursos, como *grids*, onde a infra-estrutura de rede deve estar adequadamente configurada para que as transmissões entre os nodos do *grid* sejam realizadas de forma adequada. Adicionalmente, diversas outras aplicações como as aplicações de replicação de vídeo em uma malha de servidores, aplicações para colaboração, e até mesmo aplicações mais convencionais, como *backup* de uma base de dados, também se beneficiam da disponibilização de serviços de gerenciamento.

#### **5. Serviços entre Peers**

A infra-estrutura P2P monitora o estado da rede no que diz respeito ao desempenho dos serviços que estão sendo prestados às aplicações e aos usuários, indicando quando e porque os níveis desejados de QoS não estão sendo alcançados. De acordo com o serviço solicitado, os *peers* podem executar um gerenciamento pró-ativo, de forma que ações sejam desencadeadas antecipadamente, com o objetivo de se tentar evitar ou, pelo menos, minimizar as conseqüências das falhas ou degradações de desempenho que venham a ocorrer.

A conectividade da infra-estrutura é crítica para manter os *peers* em comunicação constante. A rede P2P estabelece conexões lógicas entre os *peers* para que estes possam

executar tarefas de forma coordenada e alcançar um objetivo comum. Nesse contexto, com o intuito de garantir a alta confiabilidade e tolerância à falhas aos serviços da infra-estrutura de gerência, um mecanismo de roteamento é utilizado pelos *peers*. Após a descoberta de uma falha na rota em uso, é selecionado um caminho alternativo denominado *desvio* (Duarte 2004). As aplicações de usuários, entretanto, não utilizam o mecanismo de roteamento diretamente. O roteamento está disponível somente à infra-estrutura de gerenciamento. Essa infra-estrutura tem a responsabilidade de invocar e interromper o mecanismo de roteamento de forma coordenada em função das necessidades das aplicações, dos usuários, e do estado da rede. Dessa forma, falhas de hardware ou degradações da QoS dos níveis superiores ficam transparentes às aplicações.

## **6. Conclusão e Trabalhos Futuros**

Este artigo apresenta os serviços de uma arquitetura *peer-to-peer* (P2P) para o gerenciamento cooperativo de redes ópticas. O gerenciamento cooperativo é uma necessidade real atual no contexto de gerenciamento de redes, mas nenhuma das soluções tradicionais é capaz de isoladamente fornecer um suporte adequado para este tipo de gerenciamento. Por outro lado, as redes P2P nasceram com o objetivo de permitir a cooperação entre os usuários. Assim, é natural a utilização de tecnologias P2P na definição e construção de novos modelos de gerenciamento de redes.

A solução de gerenciamento proposta neste artigo tem por objetivo negociar as necessidades de três tipos de clientes distintos (operadores de redes, usuários e aplicações) levando em consideração o conjunto de facilidades oferecidas pelas redes ópticas. Para tal, a infra-estrutura P2P de gerenciamento oferece serviços de gerenciamento que prevê a comunicação de um desses clientes com um *peer* de gerenciamento da rede P2P. Cada *peer* da infra-estrutura fornece tanto serviços aos seus clientes quanto um conjunto de serviços adicionais aos outros *peers*, permitindo a colaboração ao longo da rede óptica gerenciada.

Como um dos trabalhos futuros, a avaliação de outros aspectos da arquitetura P2P proposta deverá ser realizada. Por exemplo, é importante verificar o tempo decorrente da aplicação de uma política de gerenciamento através de um *peer* e o retardo na instalação de novos serviços dinâmicos através do uso de agentes móveis. Por fim, é relevante desenvolver uma metodologia de análise da QoS fornecida pela rede para validar se as configurações executadas pela infra-estrutura de gerenciamento efetivamente conseguem sustentar os níveis de qualidade de serviço acordados.

## **Agradecimento**

Os autores agradecem à RNP (Rede Nacional de Ensino e Pesquisa), ao CPqD, à FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) e a FUNTEC (Fundação Universitária José Bonifácio) por apoiarem o desenvolvido do trabalho relatado neste artigo.

## Referências

- Blake, S. et. al. (1998) "An Architecture for Differentiated Services". RFC 2475, Internet Engineering Task Force, December. <http://www.ietf.org/rfc/rfc2475.txt>.
- Case, J., Mundy, R., Partain, D. and Stewart, B. (2002) "Introduction and Applicability Statements for Internet Standard Management Framework", RFC 3410, IETF.
- Curbera, F., Duftler, M., Khalaf, R., Nagy, W., Mukhi, N. and Weerawarana, S. (2002) "Unraveling the Web Services Web: an Introduction to SOAP, WSDL, and UDDI", In: IEEE Internet Computing, Vol. 6, Issue 2, p. 86-93.
- Duarte, E., Santini, R., Cohen, J. (2004) "Delivering Packets During the Routing Convergence Latency Interval through Highly Connected Detours", In: IEEE/IFIP International Conference on Dependable Systems and Networks (DSN'2004), Dependable Computing and Communications (DCC) Symposium pp. 495-504.
- Enns, R. (2004) "NETCONF Configuration Protocol". IETF Internet draft <draft-ietf-netconf-prot-04> (work in progress).
- Fioreze, T., Granville, L. Z., Almeida, M. J., Tarouco, L. R. (2005) "Comparing Web Services with SNMP in a Management by Delegation Environment", In: IEEE/IFIP International Symposium on Integrated Network Management (IM 2005) <to be published>.
- Giga, Projeto GIGA – Chamada RNP 02/2003. Disponível em [http://www.rnp.br/\\_arquivo/editais/chamada\\_rnp-giga\\_200302.pdf](http://www.rnp.br/_arquivo/editais/chamada_rnp-giga_200302.pdf).
- Souza, J. N., ROCHA, A., ROCHA, C. A. (2004) "Script MIB Extension for Resource Limitation in SNMP Distributed Management Environments", Fortaleza-Ceará, Brazil, 01-06 August 2004, ICT 2004, Springer-Verlag, LNCS-3124 pp. 835-840.
- Strassner, J. (2003) "Policy Based Network Management Solutions for the Next Generation", Morgan Kaufman Publishing, ISBN1-55860-859-1.