

Gerência Autônoma de Redes DTN*

Ewerton M. Salvador, Daniel F. Macedo, José Marcos S. Nogueira

¹ Departamento de Ciência da Computação
Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte-MG, Brasil

{ewerton, damacedo, jmarcos}@dcc.ufmg.br

Abstract. *Disruption and delay tolerant networks (DTN for short) are employed in situations where node connections are sporadic. These characteristics hamper the constant establishment of end-to-end paths, make the maximum RTT excessive and considerably increase the probability of packet drops, which make difficult the use of classic network management approaches. DTN nodes should employ autonomic management approaches, in order to deal with the wide range of situations that can occur during the moments when there is no connection with the rest of the network. Despite the frequent disconnections, we argue that it is possible to define network-wide high-level management policies, even though each node will employ slightly different policies due to their autonomic operation.*

Resumo. *Redes tolerantes a atrasos e desconexões (ou redes DTN) são empregadas em situações onde a conexão entre nós é esporádica. Estas características impedem o constante estabelecimento de caminhos fim-a-fim, tornam excessivo o RTT máximo e aumentam consideravelmente a probabilidade de descarte de pacotes, o que dificulta o emprego de métodos tradicionais de gerenciamento de redes. Os nós DTN deverão empregar métodos de gerenciamento autônomo, a fim de lidar com a vasta gama de situações que podem ocorrer durante os diversos momentos de desconexão com o restante da rede. Apesar das desconexões frequentes, argumentamos que é possível definir políticas de alto nível para o gerenciamento da rede como um todo, mas os nós terão políticas ligeiramente diferentes entre si devido à operação autônoma.*

1. Introdução

As redes tolerantes a atrasos e desconexões (*Delay Tolerant Networks*, ou simplesmente DTN) foram desenvolvidas pensando-se em se prover comunicação em ambientes onde a desconexão dos enlaces de comunicação são frequentes, através do emprego de mecanismos do tipo *store and forward* para o roteamento de mensagens [Cerf et al. 2007]. As DTNs foram originadas a partir dos esforços voltados ao estabelecimento de uma rede interplanetária. Contudo, é possível se fazer uso de diversas características desse tipo de rede em aplicações terrestres, especialmente em cenários onde as aplicações são assíncronas e não sensíveis a grandes variações nas condições de entrega [Ivansic 2009].

Difícilmente as soluções existentes para o gerenciamento de redes de computadores, especialmente as redes TCP/IP, irão se adequar bem a essas novas exigências impostas pelas redes DTN, conforme iremos detalhar na próxima seção deste artigo. A

*Os autores gostariam de agradecer ao CNPq, à CAPES e à FAPEMIG pelo investimento realizado no desenvolvimento deste trabalho.

construção de um sistema de gerenciamento DTN constitui um problema em aberto e permanece um verdadeiro desafio de engenharia [Birrane and Cole]. O presente artigo descreve uma possível solução para este problema, através do emprego de técnicas de gerenciamento baseado em políticas (*Policy-Based Network Management*, ou PBNM) e de mecanismos de computação autônoma. Dentre as vantagens desta abordagem, destacam-se a possibilidade de gerência das redes DTN em um alto nível de abstração e a capacidade dos nós de tomarem decisões autônomas de forma a permitir que um nó retorne a um estado anterior conhecido válido nos casos em que alguma operação de gerenciamento errônea tenha sido executada. O restante deste artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 descreve os desafios vigentes quanto à elaboração de soluções de gerenciamento para redes DTN; a proposta de uma arquitetura de gerenciamento é descrita na Seção 3; por fim, conclusões são apresentadas na Seção 4.

2. Desafios na Gerência de Redes DTN

A seguir serão descritos os principais desafios existentes na missão de se desenvolver soluções de gerenciamento para redes DTN.

Altos atrasos de propagação de mensagens. A alta mobilidade, baixa confiabilidade dos enlaces e a baixa densidade de nós fazem com que mensagens em trânsito possam demorar horas ou até mesmo dias para serem entregues aos seus destinatários. Isto complica enormemente a gerência de redes, uma vez que é muito difícil manter uma visão da configuração da rede, e praticamente impossível de se empregar mecanismos de alarmes para a notificação de situações anormais.

Frequentes desconexões. As desconexões fazem com que grandes seções da rede fiquem incomunicáveis. Entretanto, os grupos de nós frequentemente podem comunicar entre si, de forma que a rede poder manter a sua operação de forma local. Assim sendo, é tentador instalar um gerente local em cada um destes grupos, de forma que a rede opere de forma autônoma. Tal abordagem requer mecanismos de negociação, uma vez que estes grupos podem vir a se juntar no futuro, depois de operarem grandes intervalos de tempos de forma isolada. Assim, as políticas dos grupos podem ser significativamente diferentes.

Limitações de buffer. Redes DTN utilizam o paradigma *store and forward*. Mensagens em trânsito, desta forma, são armazenadas em memória secundária nos nós. Este fato, aliado ao emprego de comutação de mensagens, gera grande pressão sobre os *buffers* de mensagens. Os *buffers* possuem capacidades limitadas, sendo necessário empregar políticas de descarte de mensagens para lidar com altas demandas de armazenamento. As mensagens podem ser arbitrariamente longas (por exemplo, um filme ou uma mensagem de voz), de forma que uma mensagem grande o bastante pode forçar o nó a descartar todas as mensagens inicialmente armazenadas no *buffer*.

Desta forma, a gerência centralizada de uma rede DTN é inviável. As soluções de gerenciamento DTN devem ser distribuídas, onde parte ou toda a gerência da rede deverá ocorrer sem intervenção de um servidor central. O modelo de decisão (modelos hierárquicos, gerenciamento por delegação ou gerenciamento totalmente distribuído) a ser empregado deve ser estudado posteriormente.

3. Uma Arquitetura de Gerenciamento Multi-Níveis

Devido à organização das redes DTN e suas características, acreditamos que uma arquitetura de gerenciamento multi-níveis seja a melhor solução. Pelo menos dois níveis

de gerenciamento irão existir. Em um nível mais alto, o gerente da rede especifica políticas de alto nível (provavelmente políticas de negócio tais como *maximize o tempo de vida da rede*, *usuários não autorizados não devem acessar a rede*), que irão determinar a operação da rede de forma geral. Estas políticas serão refinadas, de forma a serem traduzidas em políticas que irão atuar em cada dispositivo da rede.

3.1. Refinamento de políticas

Tomando como modelo a hierarquia de políticas proposta por Strassner [Strassner 2003], conhecida como *policy continuum*, será necessário definir qual nível de políticas serão derivadas pelo gerente da rede. Estas políticas serão, então, disseminadas a toda a rede. As políticas enviadas pelo gerente devem ser genéricas o suficiente de forma que possam demorar horas ou até dias para serem instaladas em toda a rede. Políticas muito específicas, caso demorem a ser instaladas em todos os nós da rede, podem gerar interrupções no serviço. Um exemplo seria a troca de uma chave-mestra de criptografia. Caso os nós que possuam a nova chave mestra parem de aceitar mensagens utilizando a chave antiga, as mensagens antigas que ainda não chegaram aos seus destinatários não poderão ser abertas.

Assim, faz-se necessário analisar o modelo de *policy continuum* para determinar qual nível da hierarquia ficará responsável pelo refinamento, disseminação e monitoração das políticas empregadas. Ao mesmo tempo, o número de níveis de gerentes e o tamanho da área sob a responsabilidade dos mesmos deverão ser analisados considerando aspectos tais como quantidade de recursos necessários para a gerência, atraso médio para a instalação de novas configurações e obtenção de dados de monitoração, possibilidade de emprego de alarmes, entre outros.

3.2. Acomodando desconexões e interrupções

Para que seja possível permitir desconexões e interrupções, as arquiteturas de gerenciamento de DTNs deverão permitir que regiões da rede operem de forma autônoma. Cada região, ou grupo de nós que operem independente do resto da rede, deverá possuir um gerente local. Este irá gerenciar a configuração dos nós sob seu comando, podendo até mesmo mudar as políticas de gerência utilizadas na região. Essa flexibilidade fará com que partes da rede operem com políticas ligeiramente diferentes.

Além da operação desconectada, o tempo de propagação de novas políticas de alto nível pode ser muito alto, bem como as mensagens de disseminação de novas políticas são susceptíveis a perdas. Assim, é impossível para uma entidade central monitorar se os nós estão aplicando as políticas definidas para a rede. Tal monitoramento deve ser feito localmente, uma vez que o gerente da rede não poderá coletar dados de gerenciamento em intervalos regulares. Gerentes locais deverão realizar esse monitoramento, operando de forma autônoma em relação ao gerente da rede. Como as políticas poderão estar defasadas em algumas regiões da rede, os gerentes poderão realizar decisões de gerência baseadas em políticas antigas, gerando assim diferenças nas configurações dos grupos.

Outra preocupação é a disseminação de comandos e alarmes na rede DTN. Os *buffers*, sendo limitados, deverão empregar mecanismos baseados em prioridade para o descarte de mensagens. As mensagens de gerenciamento deveriam possuir uma prioridade alta, uma vez que uma configuração incorreta na rede poderia acarretar perdas significativas de desempenho, ou até mesmo a interrupção do seu serviço. Uma alta prioridade

evitaria o descarte de mensagens de gerência, evitando que mensagens de instalação de novas configurações ou mesmo alarmes sejam perdidos.

3.3. Agrupando os nós DTN

Como definido anteriormente, o gerenciamento em redes DTN irá ocorrer por regiões. Cada região terá o seu gerente, que será um nó comum que realizará a tarefa de gerenciar os outros nós durante um certo intervalo de tempo. Os gerentes serão re-eleitos periodicamente, de forma a tolerar partições na rede, a desconexão do nó gerente e uma degradação na comunicação com o gerente. Da mesma forma, dois grupos anteriormente isolados de nós podem vir a se juntarem (por exemplo, se numa rede montada em um cenário de emergência, dois grupos de resgate se encontrarem para realizar salvamentos em uma mesma área), requerendo uma federação dos dois grupos. Este processo irá demandar uma negociação das políticas a serem empregadas, uma vez que os gerentes dos dois grupos poderão ter derivado políticas diferentes, mesmo sendo controlados pelo mesmo gerente de rede.

O tamanho dos grupos irá depender de fatores tais como a conectividade da rede, o custo associado à coleta e monitoração de dados de configuração dos nós, bem como o custo de coordenação entre os gerentes. Como exemplo, um modelo de decisão totalmente distribuído, onde cada nó decide isoladamente qual ação tomar, é extremamente tolerante a desconexões e atrasos, entretanto deverá possuir um grande *overhead* de processamento e comunicação. Modelos parcialmente distribuídos baseados em hierarquias serão menos custosos, entretanto faz-se necessário identificar a quantidade de níveis de hierarquia bem como a quantidade de partições em cada nível hierárquico.

4. Conclusões

Este artigo apresentou os desafios relacionados ao gerenciamento de redes DTN. Devido às suas características, as redes DTN deverão empregar soluções autônomicas de gerência. Entretanto, a inexistência de caminhos fim-a-fim requer o desenvolvimento de novas arquiteturas de gerência que tolerem altos atrasos e frequentes conexões.

Considerando um sistema baseado em políticas, as soluções empregando uma organização hierárquica e parcialmente distribuída deverão apresentar os melhores resultados. Entretanto, estudos deverão ser realizados para identificar a melhor quantidade de níveis a serem empregados na hierarquia, bem como a quantidade de grupos em que a rede deverá ser particionada. Além disso, as longas desconexões poderão criar diferenças nas políticas e configurações entre as regiões da rede, de forma que a arquitetura deverá suportar ligeiras modificações nas políticas de cada região.

Referências

- Birrane, E. and Cole, R. G. Management of Disruption-Tolerant Networks: A Systems Engineering Approach. In *Proceedings of the SpaceOps 2010 Conference, Alabama, United States. April 2010.*
- Cerf, V., Burleigh, S., Hooke, A., Torgerson, L., Durst, R., Scott, K., Fall, K., and Weiss, H. (2007). Delay-tolerant networking architecture. RFC 4838 (Informational).
- Ivansic, W. (2009). DTN network management requirements. Internet Draft (Informational).
- Strassner, J. (2003). *Policy-Based Network Management.* Morgan Kaufmann.