

Uma Abordagem Cognitiva para Redes Autoconfiguráveis*

Neumar Malheiros, Jorge Lima, Luciano Chaves, Edmundo Madeira,
Nelson Fonseca, Islene Garcia

¹ Instituto de Computação – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)
Av. Albert Einstein, 1251 – 13.083-852 – Campinas – SP

{ncm, jlima, lchaves, edmundo, nfonseca, islene}@ic.unicamp.br

***Abstract.** The concept of Autonomic Networks was proposed to deal with the complexity of the management of next-generation networks. In this work, we present a cognitive approach for dynamic configuration and optimization of communication protocols. Results obtained via testbed experiments demonstrate the feasibility and effectiveness of the proposed approach in the design of self-configuration mechanisms for communication networks.*

***Resumo.** O conceito de Redes Autônomicas foi proposto para lidar com a complexidade na gerência de redes avançadas. Neste trabalho, apresentamos uma abordagem cognitiva para configuração dinâmica e otimização de protocolos de rede. Resultados obtidos através de implementações demonstram a viabilidade e a eficácia da abordagem proposta para o projeto de mecanismos de autoconfiguração para redes de comunicação.*

1. Introdução

Aplicações avançadas e a demanda por mobilidade tem motivado o uso de tecnologias sem fio em redes de acesso de alto desempenho. No entanto, a gerência dessas redes avançadas é um processo complexo devido à heterogeneidade dos elementos e à dinâmica do ambiente. As soluções de gerência tradicionais não são apropriadas para estes cenários devido ao seu modelo centralizado. Para lidar com estes e outros desafios de gerência foi proposto o conceito de Redes Autônomicas [Braga et al. 2006] a partir do paradigma de Computação Autônômica. Este paradigma define princípios para o projeto de sistemas com capacidade de autogerência. Neste contexto, o conceito de Redes Autônomicas consiste em desenvolver mecanismos de autogerência para redes de comunicação, tornando-as capazes de se adaptarem ao ambiente para otimizar o seu desempenho. O modelo de referência de um sistema autônômico define que as funcionalidades de autogerência podem ser implementadas através de um laço de controle. No entanto, as etapas desse laço são definidas de maneira abstrata. O projeto de soluções para efetivamente prover funcionalidades de autoconfiguração ainda é um grande desafio [Dobson et al. 2010]. Entre os principais desafios destacam-se: a representação do conhecimento, a obtenção e gerência de informações de contexto e a tomada de decisão de forma descentralizada.

A **representação do conhecimento** é necessária para organizar as informações geradas pelas funções de monitoramento e análise, bem como representar políticas de

*Os autores gostariam de agradecer o auxílio financeiro da FAPESP (processos 2006/50512-4, 2007/57336-0 e 2008/07770-8), CNPq e CAPES.

alto nível que devem regular o planejamento e a execução. Apesar de existirem importantes contribuições na área [Clark et al. 2003], problemas como resolução de conflitos ainda são desafiantes. Por outro lado, a **gerência de contexto** permite que os sistemas utilizem informações sobre o ambiente e demais elementos no processo de autoconfiguração. A depender da origem da informação, pode ser necessário um processo de interpretação dessa informação antes de sua utilização. Projetar sistemas cientes de contexto ainda é um desafio, principalmente quando envolvem o compartilhamento dessas informações entre diferentes elementos [Bettini et al. 2010]. Além disso, é necessário combinar o conhecimento e as informações de contextos nos **processos de decisão** (*reasoning*), os quais efetivamente geram as ações de reconfiguração que permitem a adaptação do sistema. Definir essas ações de forma eficaz, descentralizada e escalável é um dos maiores desafios para o projeto de redes autonômicas.

Neste trabalho, exemplifica-se o uso de algoritmos cognitivos como uma abordagem viável para a implementação do laço de controle autonômico. Apresenta-se um *framework* baseado em uma abordagem cognitiva para o projeto de mecanismos de reconfiguração dinâmica de protocolos de rede. Descreve-se também a avaliação de desempenho através de experimentos com implementações. Os resultados demonstram a viabilidade e eficácia da solução proposta.

2. Uma Abordagem Cognitiva

O CogProt é um *framework* cognitivo para autoconfiguração de protocolos de comunicação [Malheiros et al. 2010]. Seu projeto foi baseado no conceito de redes autonômicas. O CogProt é uma solução descentralizada para reconfiguração dinâmica de protocolos. Para isso, ele introduz na arquitetura do elemento de rede um plano cognitivo *cross-layer*. Os elementos que implementam o CogProt são capazes de monitorar o desempenho e reconfigurar parâmetros dos protocolos para evitar degradação do desempenho devido a mudanças nas condições da rede. Esse processo adaptação é realizado através da reconfiguração dinâmica dos parâmetros de interesse. Os protocolos são reconfigurados periodicamente a partir de decisões de gerência tomadas de acordo com a experiência obtida pelo monitoramento do desempenho.

Para um parâmetro de interesse P , o CogProt introduz um laço de controle autonômico responsável por monitorar o desempenho e executar ações de reconfiguração do parâmetro. O laço de controle, ilustrado na Figura 1, é dividido em três etapas: análise, decisão e ação. Ao final de intervalos regulares, o mecanismo mensura e armazena o desempenho obtido com o uso do atual valor de P , de acordo com métricas de quali-

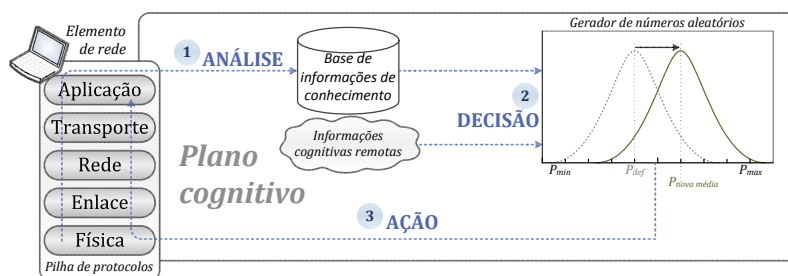


Figura 1. Visão geral do CogProt.

dade previamente definidas. Esta etapa de **análise** permite que o algoritmo construa uma base de conhecimento com informações de desempenho para os diferentes valores de P . Na etapa de **decisão**, o algoritmo procura na base de conhecimento pelo valor de P que apresente o melhor desempenho. Este valor é usado como a média para um gerador de números aleatórios que segue uma distribuição normal. Finalmente, durante a etapa de **ação**, um novo número aleatório contido no intervalo operacional $[P_{min}, P_{max}]$ é obtido a partir deste gerador, sendo este valor atribuído ao parâmetro P e utilizado até a próxima execução do ciclo. Este processo de otimização ajusta continuamente a média da distribuição normal para o valor de P que provê o melhor desempenho. A escolha de valores em torno da média provê ao mecanismo capacidade de adaptação. Se mudanças na rede resultam em um novo valor ótimo para P , esse valor será eventualmente selecionado e seu desempenho será introduzido na base de conhecimento. Sendo este desempenho superior, este novo valor será escolhido como a nova média na etapa da decisão.

O CogProt foi validado em três estudos de casos: na adaptação da taxa de transmissão (CORA); no ajuste de parâmetros da subcamada de acesso MAC (CogMAC); e no ajuste do mecanismo de controle de congestionamento do TCP (CogTCP). Os três mecanismos foram implementados como módulos para o *Kernel* do *Linux*¹.

O **COgnitive Rate Adaptation** (CORA) visa a adaptação da taxa de transmissão em redes sem fio IEEE 802.11abg [Chaves et al. 2009]. A escolha apropriada da taxa é responsável por aumentar o desempenho quando o sinal é bom, além de manter a conectividade quando a qualidade do sinal diminui. O CORA foi avaliado através de experimentos na plataforma Ubiquity RSPRO. Os resultados foram comparados com o algoritmo Minstrel (algoritmo padrão do Linux). O gráfico na Figura 2 mostra os benefícios da solução proposta em ambientes dinâmicos com constantes variações de sinal, em termos da vazão média obtida por cada solução.

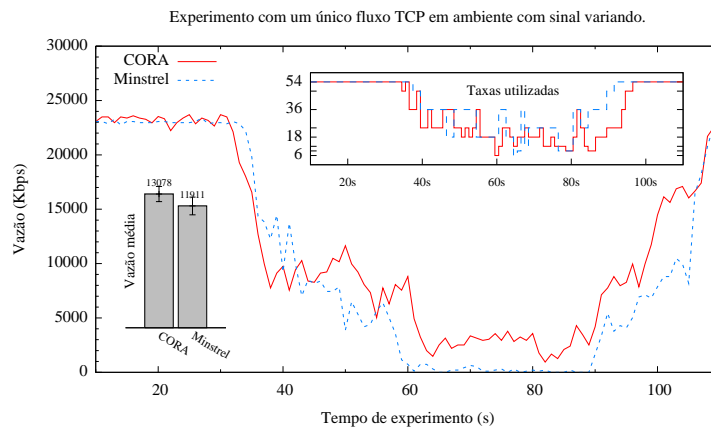


Figura 2. Comparação de desempenho do CORA com o Minstrel.

O **CogMAC** é responsável pela reconfiguração dinâmica dos seguintes parâmetros da subcamada de controle de acesso (MAC) do padrão IEEE 802.11: *retry limit*, *RTS/CTS threshold* e *contention window* do protocolo CSMA/CA [Kliazovich et al. 2009]. Os resultados dos experimentos confirmam os benefícios no uso do mecanismo e a habilidade de manter uma configuração ótima dos parâmetros mesmo sob condições altamente

¹O código fonte está disponível no site do projeto: <http://www.lrc.ic.unicamp.br/cogprot/>

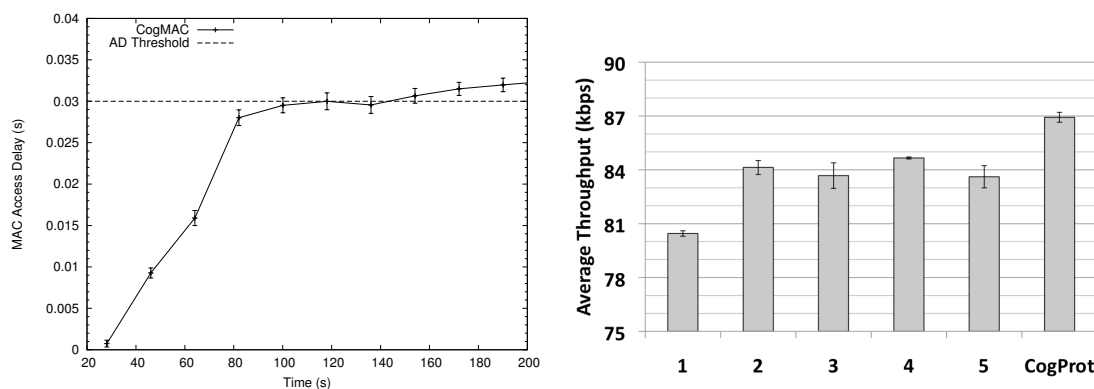


Figura 3. Desempenho dos mecanismos CogMAC (esquerda) e CogTCP (direita).

dinâmicas de rede. A Figura 3 (esquerda) ilustra o atraso médio da subcamada MAC limitado em 0.03 segundos pelo mecanismo do CogMAC.

O **CogTCP** provê ajuste dinâmico do controle de congestionamento do TCP. Ele reconfigura dinamicamente o fator de incremento da janela de congestionamento. Os experimentos realizados demonstram a eficácia da abordagem para aumentar o desempenho médio do TCP. A Figura 3 (direita) mostra a vazão média de fluxos TCP usando valores fixos (de 1 a 5) para o fator de incremento em comparação com o ajuste dinâmico deste fator usando nossa abordagem. Foram estabelecidos fluxos TCP entre máquinas numa rede local na UNICAMP e entre máquinas nesta rede e outra em uma rede local da UFMS.

3. Conclusão

Neste artigo foi apresentado um *framework* cognitivo para reconfiguração dinâmica de protocolos de redes. Este é um *framework* que demanda baixos recursos computacionais, propício para uso em dispositivos de embarcados. Experimentos com implementações demonstram a viabilidade e eficácia da proposta no ajuste de diferentes parâmetros.

Referências

- Bettini, C., Brdiczka, O., Henricksen, K., Indulska, J., Nicklas, D., Ranganathan, A., and Riboni, D. (2010). A survey of context modelling and reasoning techniques. *Pervasive and Mobile Comp.*, 6(2):161 – 180.
- Braga, T., Silva, F., Ruiz, L., and Assunção, H. (2006). Redes autonômicas. In Madeira, E., editor, *Anais dos Minicursos do XXVI Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores*, pages 159–208. SBC.
- Chaves, L., Malheiros, N., Madeira, E., Garcia, I., and Kliazovich, D. (2009). A cognitive mechanism for rate adaptation in wireless networks. In *Proc. of the 4th IEEE Int'l Workshop on Modelling Autonomic Communications Environments, MACE '09*, pages 58–71. Springer-Verlag.
- Clark, D. D., Partridge, C., Ramming, J. C., and Wroclawski, J. T. (2003). A knowledge plane for the internet. In *Proc. of ACM SIGCOMM*, pages 3–10.
- Dobson, S., Sterritt, R., Nixon, P., and Hinchey, M. (2010). Fulfilling the vision of autonomic computing. *Computer*, 43(1):35–41.
- Kliazovich, D., Lima, J., da Fonseca, N., Granelli, F., and Madeira, E. (2009). Cognitive link layer for wireless local area networks. In *IEEE Latin-American Conference on Communications*.
- Malheiros, N., Kliazovich, D., Granelli, F., Madeira, E., and da Fonseca, N. (2010). A cognitive approach for cross-layer performance management. In *IEEE Global Telecommunications Conference*.