https://jobertomartins.com/

Ambiente de Gerência Autônoma de Redes para a Qualidade de Serviço

Romildo da Silva Bezerra (*in memoria*) **e Joberto S. B. Martins**
Salvador University – UNIFACS
joberto.martins@gmail.com

JSMNet Networking and Technical Review

Vol 18 – No 4 – 2017

JSMNet Networking and Technical Review – Vol 18, No 4
https://jobertomartins.com/

Ambiente de Gerência Autônoma de Redes para a Qualidade de Serviço

Romildo M. da S. Bezerra *(in memoria)*[1] **e Joberto S. B. Martins**[1]

[1]NUPERC – Universidade Salvador (UNIFACS)
Rua Ponciano de Oliveira, 126, Rio Vermelho – 41.950-275 – Salvador – BA – Brasil
Relatório de Atividades – Junho 2007

{romildo,joberto}@unifacs.br

Resumo. *A necessidade de assegurar os níveis de serviço especificados corresponde a um processo desafiante para a gerência da rede. Torna-se então importante definir uma infraestrutura capaz de automatizar a administração da rede, reduzindo a intervenção humana, que não deixa de ser parte importante do processo como forma de alimentar o ambiente com informações pertinentes para seu funcionamento. Tal infraestrutura, o Ambiente de Gerência Autônoma (AGA), é apresentada neste artigo através de definição e articulação de planos de gerência com objetivos específicos, que utilizarão algoritmos genéticos visando a identificação heurística de soluções de largura de banda, roteamento e, escalonamento dos pacotes numa perspectiva de gerência de rede autônoma.*

Abstract*. The need to keep assured quality of service levels in complex networks is a challenging process in network management area. In such a scenario, it becomes important to identify and specify a network management structure focusing on autonomous network administration that, by definition, will reduce human intervention in the process and will promote automatic network operations and management. The Autonomous Network Management Framework (AGA), proposed in this paper, supports autonomous management. Its implementation articulates network management planes and uses genetic algorithms in order to identify heuristics to provide solutions to network utilization, routing and packet scheduling focusing on autonomous management.*

1. Introdução

A gerência autônoma de redes é uma área específica com poucas soluções efetivamente implementadas pela comunidade de pesquisa e ainda sem padronização efetiva para sua arquitetura [14]. Por outro lado, o princípio da gerência autônoma é atraente e tem despertado o interesse da comunidade acadêmica na medida em que permite ajustar dinamicamente o estado de operação da rede de forma, por exemplo, a prover QoS através de um processo de autoconfiguração que seja adaptativo e, na medida do possível, automatizado. Neste contexto específico de aplicação, a abordagem autônoma para a configuração de rede deve satisfazer os requisitos dos serviços suportados, para que a escolha de novas configurações mantenha os níveis de SLA especificados.

Um dos princípios básicos adotados nas soluções de gerência autônoma consiste em ajustar parâmetros de rede como o roteamento, a largura de banda e o escalonamento de pacotes, entre outros, de forma a dimensionar a rede e seus fluxos otimizando a qualidade dos serviços e, quando possível, minimizar a utilização dos elos existentes. Existem trabalhos nesta área atacando problemas como roteamento ou alocação de banda [1] atuando em pontos importantes, mas específicos, do universo de parâmetros que envolvem a QoS em redes de computadores.

Dentro deste contexto, é proposto neste artigo um Ambiente para Gerência Autônoma da qualidade de serviço em redes de computadores (AGA), utilizando algoritmos genéticos no processo de identificação de soluções que atendam aos SLA's especificados para uma rede. A concepção dos planos de gerência e algoritmos utilizados visam atender a uma função objetivo especificada de acordo com os níveis de serviço esperados da rede através de parâmetros como largura de banda e atraso (*delay*). A infraestrutura esperada para a rede sendo atendida pelo AGA sugere a utilização do MPLS [2] como forma de tornar eficiente a escolha das rotas e o suporte do protocolo COPS-PR [16] ou solução técnica equivalente para que a distribuição de políticas geradas ocorra de forma confiável e segura.

O artigo inicialmente discute e contextualiza na seção 2 a engenharia de tráfego, o MPLS e as matrizes de tráfego com relação às suas aplicabilidades e, algumas escolhas com relação ao ambiente AGA. Na seção 3 é vista uma apresentação de algoritmos genéticos sob a visão de aplicação em redes autônomas e na seção 4 o ambiente é efetivamente descrito, seguindo-se das considerações finais.

2. Otimização Autônoma de Tráfego – Tecnologias de Suporte e Parâmetros

Um dos aspectos considerados na gerência autônoma de redes é a otimização do tráfego de redes. Nesta perspectiva, a engenharia de tráfego é uma componente importante e, em resumo, corresponde ao processo de arranjar como o tráfego é distribuído através da rede para que a mesma opere de forma mais eficiente, por exemplo, evitando congestionamentos causados pela utilização desigual dos recursos de rede. Neste contexto específico da engenharia de tráfego, a manipulação do tráfego objetiva combater a distribuição ineficiente do tráfego, eventos repentinos ou falhas, que geralmente provocam demandas não atendidas de largura de banda em um setor da rede, enquanto em outros setores pode ocorrer uma subutilização. Do ponto de vista técnico, a engenharia de tráfego engloba a medição, a modelagem, a caracterização e o controle e distribuição do tráfego para atingir determinados objetivos de desempenho [4].

A principal forma de controlar o caminho de um pacote em uma rede IP é a gerência de enlaces específicos por onde este fluxo passará, mas a gerência de uma rede através de dispositivos – mesmo com ferramentas capazes de reportar e diagnosticar erros – tem se mostrado um método inflexível e de baixa granularidade [5]. Além disso, problemas clássicos de engenharia de tráfego em redes como o problema do peixe têm maior complexidade de ser diagnosticado de acordo com o tamanho da rede, isto porque o roteamento baseado em enlaces de custo fixo apresenta problemas de convergência de tráfego.

O fato de os protocolos de roteamento não considerarem largura de banda disponível e monitoração dinâmica do tráfego para escolha dos fluxos da rede, impactam diretamente em diversos problemas para a construção de uma Rede Autônoma, provocados geralmente pela convergência do caminho mais curto para enlaces específicos da rede enquanto existem

caminhos alternativos com mais enlaces capazes de distribuir o fluxo que está causando congestionamento.

O desacoplamento entre roteamento e encaminhamento dos pacotes baseado em rótulos apresenta-se como método mais flexível que o roteamento baseado em endereço IP. Em termos operacionais, ao executar engenharia de tráfego com o apoio da tecnologia MPLS [2] é possível otimizar a utilização da rede e, também, tratar o congestionamento inesperado e falhas de enlaces de forma eficiente. Assim sendo, a tecnologia MPLS é considerada como relevante e importante na implantação do ambiente de gerência autônoma proposto.

Para a viabilização de uma estrutura de rede autônoma é importante definir uma métrica ou um conjunto de métricas capaz de minimizar o problema da convergência no roteamento/encaminhamento dos fluxos, visto que as métricas baseadas em distância entre nós, banda do enlace ou algoritmo do menor caminho desconsideram medidas como atraso (*delay*) ou custo. Como alternativa técnica para o problema indicado, esquemas de roteamento que consideram mais de uma variável podem ser utilizados, técnica esta conhecida na literatura como "*multiple-metric routing*".

No ambiente proposto (AGA) a abordagem proposta consiste na utilização de uma métrica baseada no EIGRP (*Enhanced Interior Gateway Routing Protocol*). Uma solução similar pode ser vista em [6] que apresenta a seguinte formulação:

$$M = \frac{1}{\min_i(bw_i)} + \sum_i \max_i(icm_i) + \sum_i d_i$$

O parâmetro bw_i corresponde à banda do enlace i e d_i refere-se ao valor absoluto do atraso (*delay*). O parâmetro icm_i (*inverse capacity metric*) é definido como uma variável que tem a função recíproca ao da banda mínima de um caminho.

Para a modelagem do AGA utilizaremos uma simplificação desta expressão que consiste no cálculo da métrica como o resultado da combinação da banda disponível com o atraso dos enlaces da seguinte forma:

$$M = (\min(b_i) * c) + \sum_i d_i$$

Onde: b_i representa a largura de banda disponível; c é a constante de ajuste numérica e d_i é o somatório do atraso de cada caminho de um fluxo. A função da constante de c é apenas ponderar matematicamente as duas medições, visto que as unidades de medidas possuem grandezas distintas.

Os resultados obtidos para vários cenários de rede demonstram que a otimização do roteamento adquirida através desta métrica, em geral, pode melhorar o desempenho da rede. Além disso, o uso de dois tipos de métricas otimiza a QoS da rede [11].

3. Aplicação de Conceitos de Algoritmos Genéticos na Gerência Autônoma de Redes

Algoritmos genéticos (AG) [9] procuram solucionar problemas complexos de otimização e aprendizado computacional de uma forma probabilística. Estes algoritmos baseiam-se na Teoria da Seleção Natural – publicado por Charles Darwin e Alfred Wallace em 1858 – que propõe a evolução das espécies está diretamente ligada à capacidade dos indivíduos se

adaptarem ao seu habitat, onde apenas os mais aptos sobrevivem. É possível aplicar este princípio aos problemas de otimização representando alternativas possíveis da solução através de cadeia genética apropriada e executando operações "da seleção natural" nestas cadeias [10].

Existem diversas aplicações para algoritmos genéticos que necessitam de uma análise multidimensional para um problema de diversas variáveis ou parâmetros envolvidos de difícil de otimização e que não possuem nenhuma outra técnica especifica para resolver o problema. Algoritmos genéticos são heurísticos, isto é, seu princípio é privilegiar direções consideradas "boas", não abrangendo assim todo o espaço possível de soluções, pois suas regras, que guiam à busca, podem descartar algumas possibilidades. Entretanto, teórica e empiricamente, estes métodos apresentam-se rápidos e robustos em problemas de busca em ambientes complexos [10].

De forma computacional, algoritmos genéticos simulam etapas da evolução das espécies onde a solução consiste em deixar a população (conjunto de soluções) evoluir tais que a aptidão média dos indivíduos aumente de acordo com o tempo. Tal evolução é fruto do cruzamento de indivíduos (soluções) que herdam características positivas de seus pais, ou seja, permitem uma otimização do conjunto de soluções. Por fim, a solução mais apta, ou que atende melhor a qualidade esperada, será escolhida.

O processo de evolução ocorrerá até: haver uma convergência da solução (situação muito comum em uma menor população); quando a média das soluções escolhidas atingirem um nível de aptidão satisfatória (de acordo com alguma função objetivo escolhida para o problema em questão); ou quando um número predefinido de etapas evolucionárias for terminado. Neste artigo aplica-se um AG para busca de soluções para a manutenção da QoS em redes de computadores, soluções com controle de parâmetros específicos de rede podem ser vistos em [6] [13] [19].

No caso específico de redes autônomas, a otimização visa múltiplos objetivos (largura de banda, melhor caminho, escalonamento otimizado dos pacotes e atendimento dos níveis de serviços especificados, dentre outros) e por consequência, tem múltiplas soluções, onde dificilmente nenhuma delas é melhor do que as demais com respeito a todos os objetivos, pois isto aumentaria o custo computacional para cálculo. Este problema é conhecido como Otimização Multiobjetivo, onde a ideia central é otimizar a função objetivo:

$$F = \sum_{i=1}^{n} w_i * f_i$$

Na solução adotada no AGA para otimizar a qualidade de serviço em redes autônomas, o algoritmo genético atuará em três metas:

- Definição de fluxos – O objetivo é ajustar o roteamento às situações atuais da rede, otimizando os recursos disponíveis e a qualidade de serviço. Como visto na secção 2, métricas tradicionais (de apenas uma variável) não são eficientes [11], logo será utilizado roteamento de métrica baseado em *delay* e largura de banda disponível. Em [12], pode ser visto uma implementação de um algoritmo genético para otimização dos fluxos de rede
- Alocação de Banda – Diversos artigos aliam o estudo de algoritmos genéticos e alocação de banda [7] [21], atuando e com diferentes tecnologias. A proposta do ambiente é

fornecer suporte a redes IP de forma a avaliar soluções que ofereçam a largura de banda disponível para os níveis de serviços esperados.

- Escalonamento de pacotes – mecanismo comum nos roteadores, tem como objetivo garantir que fluxos de diferentes recursos obterão, ou não, recursos de acordo com mecanismo utilizado e da disciplina das filas (algoritmo de controle de filas). Esta estratégia pode ser também pode ser aliada a algoritmos genéticos [13] onde um dos parâmetros da função objetivo está vinculado com a prioridade de pacotes nos dispositivos ativos de rede gerenciados.

4. Especificação Funcional Geral do Ambiente de Gerência Autônoma (AGA)

Tendo em vista o objetivo de construir uma rede autônoma visando à garantia dos níveis de qualidade de serviço especificados por serviços, surge a necessidade da especificação de um ambiente de gerência que se proponha a atender as especificações funcionais [14] (Figura 1): autoconfiguração, auto reparação, autoproteção e auto otimização.

O Ambiente de Gerência Autônoma proposto tem como objetivo a garantia dos níveis de qualidade de serviço especificados para serviços de rede de maneira geral, é estruturado em quatro áreas como segue (figura 01): autoconfiguração, auto reparação, autoproteção e auto otimização.

Auto-Configuração	Auto-Reparação
Auto-Otimização	Auto-Proteção

Figura 1 – Funções da Gerência Autônoma

As funcionalidades associadas às quatro áreas no contexto do AGA são como segue:

- Autoconfiguração – O ambiente de gerência desenvolvido garante à rede uma capacidade de se adaptar automaticamente a alterações do ambiente ao qual está inserida. A estrutura de sistemas autônomos deve utilizar políticas de alto nível [19].
- Auto reparação – O AGA garante à rede uma capacidade de diagnosticar e reparar automaticamente as anomalias, detectando pontos os pontos falhos da rede.
- Auto Otimização – O AGA promove a capacidade da rede de maximizar automaticamente a sua performance. O processo de otimização da rede deve ser executado de forma cautelosa uma vez que modificações em grandes domínios podem consequências imprevisíveis ao conjunto completo da rede.
- Autoproteção – O AGA viabiliza a capacidade de identificar e preparar a rede para tornar-se menos vulnerável a ataques. A título de exemplo, esta funcionalidade pode ser suportada por um processo de detecção de fluxos ou variação da matriz de tráfego que estejam contribuindo para a degradação da QoS da rede ou penalizando segmentos, serviços ou dispositivos específicos.

Dentro do escopo da proposta de implantação do Ambiente de Gerência Autônoma (AGA), as funcionalidades de auto reparação e auto otimização da rede serão os focos

considerados visando à viabilização deste modelo de gerência para as redes. Esta escolha tem como objetivo atuar nas funcionalidades de ajustes dos fluxos que trafegam numa rede, não abordando a inclusão e exclusão automática de nós, ou seja, o ambiente conhece os pontos da rede e se preocupa em equilibrar as necessidades dos serviços com a capacidade da rede.

4.1. O Ambiente de Gerência Autônoma (AGA) e a Infraestrutura de Gerência de Redes

A partir dos requisitos do Ambiente de Gerência Autônoma, faz-se necessário definir os seus módulos componentes e suas respectivas funcionalidades considerando o escopo de administração proposto para a qualidade de serviço. De maneira geral o AGA está diretamente orientado para a administração de regras visando a gerência dos níveis de QoS de uma rede.

O AGA (Figura 2) é composto de três planos de gerência que visam dividir as atividades de gerência em níveis conceituais com objetivos definidos baseado no processo de "pensar" e "decidir":

- Raciocínio – é o processo de inferência a partir de objetivos, fatos e conhecimento, visando obter possíveis ações. Processo está associado à previsão e ao planejamento;
- Decisão – é o processo que, considerando as incertezas e preferências, escolhe uma ação dentre diversas alternativas para o problema em questão;
- Aprendizagem – é o processo que a partir dos resultados alcançados por uma solução, valoriza, ou não, decisões semelhantes no futuro.

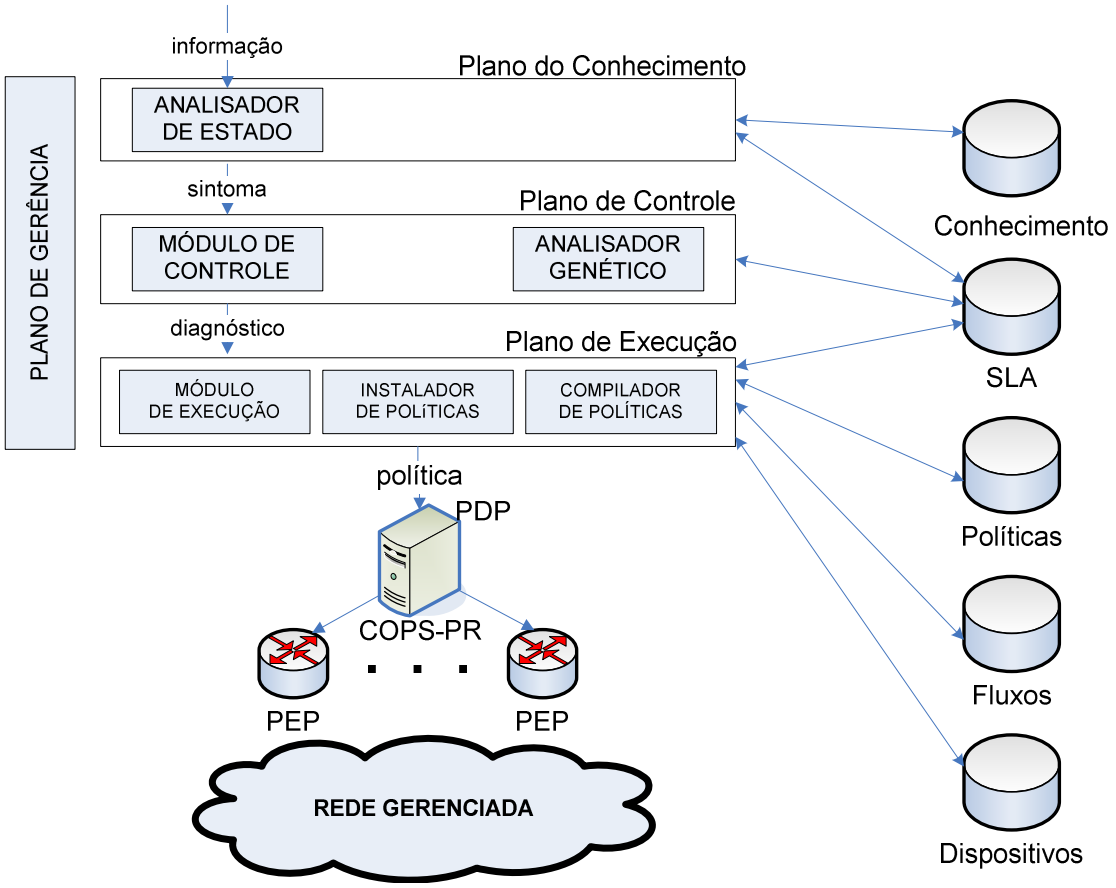

Figura 2 – Arquitetura do Ambiente de Gerência Autônoma (AGA)

As informações do estado atual da rede são recebidas pelo plano de conhecimento que tem como função analisar o estado atual da rede e depois de serem processadas, informando os níveis de serviço que não estão sendo atendidos para o plano de controle. Este por sua vez, processa as informações com a utilização de AG e envia para o plano de execução que alterações devem ser feitas na rede. As políticas podem ser aplicadas à rede através de diversas soluções como, por exemplo, o COPS [16], o COPS-PR [17]. De forma a identificar e propor uma opção específica, o AGA recomenda a utilização de um agente no estilo PDP (COPS-PR) que viabilize a distribuição de forma atômica para todos os dispositivos da rede, pois tal protocolo fornece mecanismos de segurança para as mensagens, utiliza o protocolo TCP como transporte e arquitetura cliente/servidor.

O plano de conhecimento é o responsável em receber o estado da rede e analisar se existe alguma anomalia que altere o nível de serviço esperado, verificando junto à base de SLA (*Service Level Agreement*) o padrão esperado para tais serviços. Ao processar as informações, o plano de conhecimento retorna ao ambiente de gerência o(s) problema(s) da rede, para que uma nova configuração seja avaliada e, eventualmente, processada e efetuada. É importante ressaltar que um problema de não adequação da qualidade de serviço, não necessariamente representa uma falha de dispositivo, mas pode ser resultante de diversos outros fatores como, por exemplo, uma tentativa de ataque ou o crescimento contínuo de um fluxo específico da rede.

O plano de controle é o intermediário entre a análise e a aplicação da solução encontrada pelo AGA, ficando responsável pelo processamento e resolução, se existir, do problema. O plano de controle invoca um conjunto de algoritmos genéticos que farão o processamento do problema tentando ao máximo atender todos os níveis de serviços especificados. O plano de controle efetivamente atua na auto reparação da rede, possibilitando o reparo sem a intervenção humana. Consequentemente pode atuar visando a auto otimização da rede, processando o estado atual e verificando possibilidades de melhorias no balanceamento do tráfego, distribuição de banda ou escalonamento dos pacotes, atuando sob a lista de prioridades do dispositivo. Com a eventual escolha do MPLS como base de processamento para a comutação de pacotes na rede, a prioridade no roteamento e as escolhas de caminho tornam-se potencialmente mais simples pelas próprias características de operação do protocolo.

O algoritmo genético na prática irá executar um conjunto de simulações de acordo com os requisitos esperados quantificando as soluções candidatas sob três funções objetivos que atuarão diretamente (relação unívoca) no conjunto de metas descritas na seção 3.1 deste artigo. A meta é otimizar ao máximo o conjunto de funções de forma que o somatório ponderado destas funções atinja o melhor valor. Para o processo de melhor caminho será utilizada uma métrica com dois pesos, visando reduzir problemas clássicos de roteamento conforme visto na seção 2 deste artigo.

Um algoritmo genético segue o conceito biológico clássico de acordo com os passos vistos na Figura 3 [20]. O algoritmo começa definindo os indivíduos (soluções) que serão trabalhados, a função objetivo e os parâmetros que serão utilizados no sistema. Em relação às atividades do algoritmo genético, o operador de mutação é trabalhado como pequenas modificações sobre os indivíduos com maior aptidão (que possuem a melhor função objetivo)

visando estender o conjunto de soluções possíveis do universo de indivíduos. O operador de recombinação (*crossover)*, cruzamento de indivíduos, consiste em combinar indivíduos visando explorar o espaço de soluções criando novos indivíduos que serão analisados aperfeiçoando o processo de busca da melhor solução.

O ponto de parada é feito através da determinação de pesos da função objetivo tendo em vista que a escolha do momento da parada é justamente a escolha da população de soluções. Se a função for muito seletiva com a população de soluções, dificilmente será escolhido um indivíduo perfeito, mas se a cada iteração do algoritmo a seleção natural aprovar um conjunto maior, o custo computacional para obtenção da convergência será bem maior.

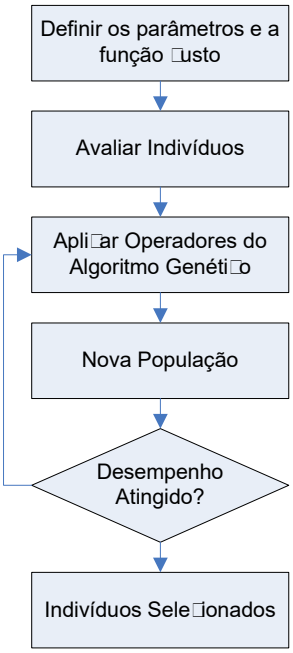

Figura 3 – Diagrama de Blocos Clássico de um Algoritmo Genético

O algoritmo genético utilizado no AGA é o algoritmo Evolução Diferencial, onde a população de inicialização não segue o conceito de aleatoriedade comum nos algoritmos genéticos [22], sendo substituída por indivíduos que compõem um universo de soluções factíveis em todas as variáveis analisadas pelo projetista do sistema. Isso elimina soluções inviáveis como 100% de largura de banda de um enlace para apenas um protocolo ou todas as rotas passando por um único enlace. Desta forma uma solução pode ser escrita:

$$Z_m = \{ \rho_{p(i)} \cdot (Z_{max(pi)} - Z_{min(pi)}) + Z_{min(pi)} \}_{i=(1,n)}$$

Z_m denota um indivíduo m da população do conjunto de (1,n) e consiste o conjunto de todos os parâmetros $_{p(i)}$ e enquadrado dentro dos limites inferiores e superiores ($Z_{min(pi)}$ e $Z_{max(pi)}$ respectivamente). $\rho_{p(i)}$ são números que podem assumir valores de 0 a 1 e são utilizados no cruzamento, mutação e para geração aleatória dos indivíduos, que não é o objetivo neste artigo.

Em [22] é apresentado um vetor diferença baseado em outros quatro indivíduos j, k, l e m da população para ser aplicado como operador de mutação [23], conforme visto a seguir.

$$D_{jklm} = D_{jk} – D_{lm} = (Z_j - Z_k) + (Z_l - Z_m)$$

Neste algoritmo apenas a primeira geração não sofrerá alterações em seus parâmetros e este possui uma competição direta para a escolha das gerações futuras até que apareça uma solução que atenda às necessidades de QoS da rede ou o tempo de processamento seja alcançado.

O plano de execução recebe a melhor escolha do processamento do algoritmo genético e, em primeira instância, converte em uma política de alto nível que é armazenada para futuras utilizações e posteriormente será convertida, caso necessário, para envio ao PDP (*Policy Decision Point*) [16].

Este plano foi desenvolvido para administrar todo o ciclo de vida de uma política com ferramentas capazes de criar, editar, converter e ativar políticas de forma integrada e flexível, com o objetivo de garantir uma gerência eficaz de dispositivos e equipamentos, além de permitir a configuração completa do domínio, oferecer um gerenciador de alertas e, além disso, possuir ferramentas de suporte adicionais aplicáveis, por exemplo, na manutenção do repositório de políticas. Segue uma descrição dos seus principais módulos constituintes e respectivas funcionalidades [17] [18]:

- O editor de políticas - Módulo de criação de políticas definidas de forma genérica, ou seja, desacopladas funcionalmente em relação à infraestrutura onde a mesma será aplicada. Não requer conhecimento específico de linguagens de descrição de políticas ou quanto ao funcionamento interno do ambiente. Esta criação de políticas em uma linguagem (XML) associada a um alto nível de abstração, traz duas vantagens ao ambiente de gerência de políticas: a abstração de detalhes técnicos do dispositivo em que a política atuará e o desacoplamento da administração das políticas da administração dos dispositivos.
- Compilador de políticas - Módulo responsável em ler a política genérica em linguagem de alto nível gerada pelo editor de políticas e efetuar a conversão para outra linguagem de especificação de políticas ou para a tecnologia utilizada pelo objeto gerenciado na estrutura da rede, tornado a política aplicável ao dispositivo. O compilador de políticas desenvolvido converte para disciplinas do tipo CBQ, HTB (*Hierachical Token Bucket*), SPSL (*Security Policy Specification Language*) e IPTables em roteadores Linux e suporta MPLS (*Multi-Protocol Label Switching*).
- Ativador de políticas - Módulo responsável em enviar a política ao equipamento com funcionalidade de PDP (COPS-PR) ou diretamente ao objeto gerenciado. Com o ativador de políticas o administrador não precisa conhecer a forma que o PDP recebe os pedidos, tornando transparente este processo para o administrador. No ambiente desenvolvido, o ativador de políticas permite ao administrador enviar a política via FTP (*File Transfer Protocol*) – para roteadores Linux – também tem suporte para a utilização de sockets e Telnet. Com a implementação do ativador de políticas, uma discussão é levantada quanto à descaracterização do PDP da arquitetura COPS-PR no que diz respeito à ativação e distribuição de políticas. A solução proposta neste trabalho não busca a substituição do COPS, mas apenas garantir uma possibilidade de ativação das políticas em redes sem o suporte deste protocolo.

Como aspectos suplementares têm-se a facilidade de configuração completa do domínio, a disponibilidade de um gerenciador de alertas e as ferramentas adicionais para suporte aplicáveis, por exemplo, à manutenção do repositório de políticas. A expansibilidade e escalabilidade do ambiente são garantidas praticamente pelo seu desenvolvimento modular,

pela escolha da linguagem XML para o repositório de políticas e pelo compilador de políticas [18]. A utilização de uma base de desenvolvimento Web para o ambiente de gerência garantiu a possibilidade de acessos simultâneos (acessibilidade) sem a necessidade de descentralização do ambiente ou aumento da complexidade do modelo.

A estrutura desenvolvida do plano de controle é uma evolução de um ambiente de gerência de políticas [17] [18] permite o desacoplamento funcional que aliado à não representação de todos os dados em uma única política aumenta a sua reusabilidade, garante a separação dos os dados e das regras de informações técnicas dos dispositivos gerenciados e informações referentes aos fluxos, tornando fácil a adaptação no contexto de redes autônomas. Ainda como diferencial vale ressaltar a utilização de assistentes (*wizards*) na configuração de fluxos de rede de acordo ao protocolo utilizado com alto grau de abstração e a facilidade é a não utilização de uma linguagem específica para criação/representação de políticas não requerendo qualquer conhecimento específico para utilização do ambiente para os administradores do domínio e reduzindo sua manutenção.

5. Considerações finais

A necessidade de garantir os níveis de serviço especificados dentro de um universo diversificado de serviços e necessidades torna a gerência um processo complexo e oneroso para os administradores. Com isso, surge a necessidade de desenvolver uma infraestrutura capaz de se manter evitando ao máximo a administração humana. Esta por sua vez é de fundamental importância no processo de especificação de parâmetros e objetivos num sistema autônomo, para que este comece a atuar de forma equilibrada na busca heurística de soluções. Dentro deste contexto, algoritmos genéticos são aplicações promissoras em problemas com um número elevado de variáveis e uma boa capacidade de soluções de problemas com múltiplos objetivos [10].

Neste artigo foi especificado um Ambiente de Gerência Autônoma com o objetivo de criar um ambiente autônomo visando a manutenção da qualidade de serviço da rede, que já possui uma implementação parcial, devido a finalização do plano de execução, interoperável, com representação legível e flexível das políticas de alto nível e o desacoplamento funcional das atividades de administração. Isto representa um importante passo no processo de conclusão de todos os módulos, uma vez que as bases do ambiente também já podem ser utilizadas.

Para o plano de controle do AGA, existe a necessidade de especificar detalhadamente os parâmetros e constantes do algoritmo genético para sua conclusão. A importância dos parâmetros, da base de conhecimento e do processo de busca heurístico do plano de controle de gerência pode reduzir o espaço de busca das soluções. Isto implica na redução do tempo de execução da aplicação dos parâmetros para garantia dos níveis de serviço especificados.

Nota-se que o sistema é exequível, ou seja, é passível de ser desenvolvido, pois o plano de controle foi desenvolvido atendendo aos requisitos de expansibilidade, escalabilidade, aplicabilidade e acessibilidade [18]. A expansibilidade e escalabilidade são garantidas no ambiente praticamente pelo seu desenvolvimento modular, pela escolha da linguagem XML para o repositório de políticas e pelo compilador de políticas. A escolha do desenvolvimento Web para o ambiente de gerência garantiu a possibilidade de acessos simultâneos (acessibilidade) sem a necessidade de descentralização do ambiente ou aumento da complexidade do modelo.

6. Bibliografia

[1] Mulyana, E., Killat, U. "*An Offline Hybrid IGP/MPLS Traffic Engineering Approach underLSP Constraints*" INNOC2003.

[2] Awduche, D. et al., (1999) "*Requirements for Traffic Engineering over MPLS*", IETF RFC 2702, Setembro 1999.

[3] C. Lopes, A. de Sousa, R. Valadas, (2001) "*Heuristics for Dimensioning Large-scale MPLS Networks*", in Internet Performance and Control of Network Systems II, Robert D. van der Mei, Frank Huebner-Szabo de Bucs, Editors, Proceedings of SPIE Vol. 4523, 2001.

[4] Awduche, D. et. al., (2000) "*A Framework for Internet Traffic Engineering"* Internet Draft, <draftietf-te-framework-00.txt>, Janeiro 2000.

[5] Granville, Lisandro Zambenedetti (2001) "Gerenciamento Integrado de QoS em Redes de Computadores". Tese apresentada na UFRGS.

[6] Riedl, A. (2002) "*A Hybrid Genetic Algorithm for Routing Optimization in IP Networks Utilizing Bandwidth and Delay Metrics*" IEEE Network Magazine, September 2002

[7] Tanterdtid, S., Steanputtangaul, W., Benjapolakul, W. (1997) "*Bandwidth-demand prediction in virtual path in ATM networks using genetic algorithms*", Journal of Computer Communications, 22, pp. 1127-1135, 1999.

[8] Ziviani, A., Duarte, O. (2001) Metrologia na Internet. tutorial do XIX Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores - SBRC'2001, SBC, maio de 2001.

[9] Holland, J. H. (1975) "*Adaptation in Natural and Artificial Systems*". University of Michigan Press, Ann Arbor, 1975.

[10] Goldberg, D. (1989) "*Genetic Algorithms in Search, Optimization & Machine Learning*" Addison-Wesley, Massachusetts, 1989

[11] Riedl, A., Schupke, A. (2000) "*A Flow-Based Approach for IP Traffic Engineering Utilizing Routing Protocols with Multiple Metric Types*" presented at 6th INFORMS Telecommunications Conference, Boca Raton, Florida, March 2000

[12] Pattichis, C. S., et al. (2004) "*Genetic Algorithm Based Optimization for Bandwidth Allocation for Virtual Paths (GA-BAVP)*" Greece, 2000.

[13] Gelenb, E., et. al. (2002) "*Network Routing with Extended Genetic Algorithms*" International Conference Networks, Parallel and Distributed Processing, and Applications NPDPA 2002 Tsukuba, Japan, October, 2002.

[14] Krief, F. (2006) "*Les réseaux autonomiques*". In: 7ème Colloque Francophone de Gestion de Réseaux et de Services, 2006, Bordeaux - France. 7ème Colloque Francophone de Gestion de Réseaux et de Services - L'autonomie dans les Réseaux et les Services. Bordeaux, France : LaBRI, Université Bordeaux-1, 2006.

[15] Boyle, J., et al "*The COPS (Common Open Policy Service) Protocol*", IETF RFC 2748, January 2000.

[16] Chan, K. et al "*COPS Usage for Policy Provisioning*", IETF RFC 3084, March 2001.

[17] Bezerra, Romildo M. S., Martins, Joberto S. B..(2006) "*Functional Decoupling Principle applied to Network Device and QoS Management*". In: 7ème Colloque

Francophone de Gestion de Réseaux et de Services, 2006, Bordeaux - France. 7ème Colloque Francophone de Gestion de Réseaux et de Services - L'autonomie dans les Réseaux et les Services. Bordeaux, France: LaBRI, Université Bordeaux-1, 2006. v. 1. p. 47-58.

[18] Bezerra, Romildo M. S., Martins, Joberto S. B..(2006). Gerência de Qualidade de Serviço em Redes de Computadores utilizando Desacoplamento Funcional, Políticas e Ontologias. In: 5th International Information and Telecommunication Technologies Symposium, 2006, Cuibá, MT. 5th International Information and Telecommunication Technologies Symposium, 2006. v. 1. p. 56-79.

[19] Jrad, Z., Krief, F., Dehni, L., Bennani, Y. (2006) "*Artificial Intelligence techniques in the dynamic negotiation of QoS: A user interface for the Internet New Generation*" Proceedings of International Federation for Information Processing (IFIP) TC6 Conference Smartnet in Autonomic Networking. Sept. 25-29, 2006, Paris.

[20] Haupt, R.L, Haupt S.E. (1998) "*The Continuous Parameter Genetic Algorithm*", "*Practical Genetic Algorithm*", chapter 3, USA, Jon Wiley & Sons, Inc.

[21] Kobayashi, H., Munetomo, M., Akama, K., Sato, Y. (2004) "*Designing a distributed algorithm for bandwidth allocation with a genetic algorithm*", Systems and Computers in Japan, Volume 35 , Issue 3, pp 37-45.

[22] Campos, M., Saito K. (2004) Sistemas Inteligentes em Controle e Automação de Processos. 1. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda, 2004. v. 1. 235 p.

[23] Choiu, J., Wang, F. (1999) "*Hybrid method of evolutionary algorithms for static and dynamic problems with application to a fed-batch fermentation process*", Computers and Chemical Engineering, v.23. pp. 1277-1291.