

Algoritmos Genéticos Aplicados ao Roteamento *Multicast* na Internet, Contemplando Requisitos de Qualidade de Serviço e Engenharia de Tráfego

Paulo Teixeira de Araújo
Gina Maira Barbosa de Oliveira

Universidade Presbiteriana Mackenzie

Motivação

Serviço *Best-effort* na Internet:

- Não possui tratamento diferenciado
- Dificulta a obtenção de QoS

Aumento de tráfego nas Redes



Engenharia de Tráfego (ET)

QoS* ⇒ Roteamento *QoS

ET ⇒ Roteamento Baseado em Restrições

QoS

QoS em redes: uma série de requisitos de serviços a serem atendidos pela rede durante o transporte de um fluxo de dados .

- **Diferente aplicativos \Rightarrow diferentes requisitos**
- **Requisitos:**
 - - Largura de banda (*bandwidth*):
 - - Retardo (delay):
 - - Variação do retardo (jitter):
 - - Probabilidade de perda de pacotes
 - - Memória (*buffer*);
 - - Número de passos (*hops count*):
 - - Distância física:
 - - Custo (*cost*):

ET

- **O IETF (Internet Engineering Task Force) criou algumas propostas que definem a QoS e formas de obtê-la: Engenharia de Tráfego (ET).**
- **Os objetivos da ET referem-se tanto ao tráfego dos aplicativos, quanto aos recursos da rede como um todo:**
 - **Orientado a tráfego:** requisitos QoS no fluxo de dados.
 - **Orientado a recurso:** assegurar que recursos da rede não sejam utilizados em excesso, tornando-se congestionados, enquanto outros fiquem sub-utilizados.

Problema

- Roteamento:

combinação de 2 ou + métricas
aditivas/ multiplicativas



NP Completo

- Roteamento Baseado em Restrições:

Implementação Intratável

- Cálculo de Rotas:

Para ser aceito pelos protocolos da Internet é necessário que o tempo de processamento seja baixo o suficiente para não atrapalhar o dinamismo do tráfego (Evitar Congestionamento)

Solução Analisada

Algoritmo Genético:

Cálculo de rotas *QoS* em diversos trabalhos

- O modelo discutido é fortemente baseado em (Zhengying et al., 2001).
- Adaptações para endereçar lacunas em (Zhengying et al., 2001).
- Inovações incorporadas para atingir requisitos da ET:
 - Métrica Número de Passos
 - Mecanismo para impedir rotas repetidas

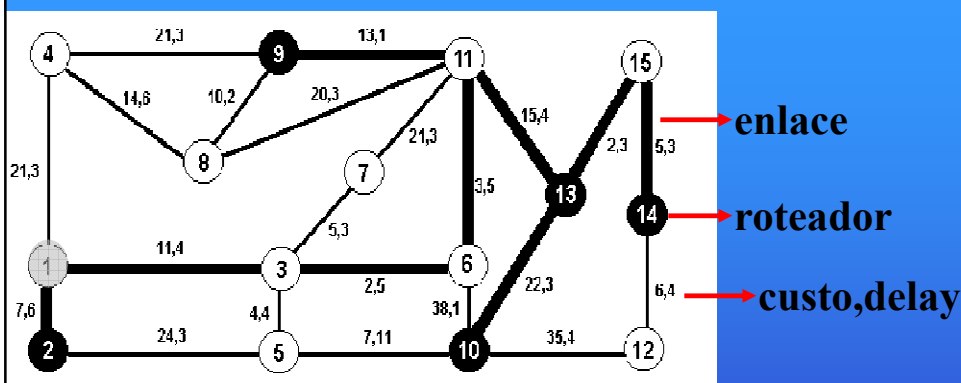
Modelo Original (Zhengying et al., 2001)

O objetivo do AG é encontrar rotas *multicast* que atendam aos requisitos:

- Delay Máximo
- Custo Mínimo
- Largura de Banda Disponível (*)

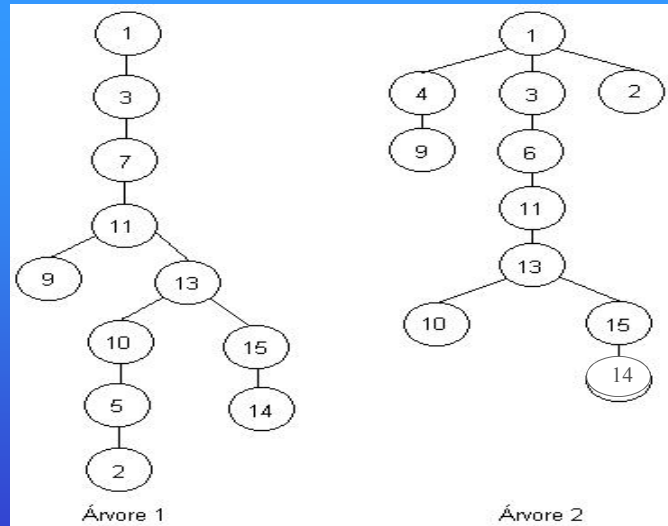
- Este modelo, por sua vez, é fortemente baseado em (Ravikumar *et al.*, 1998), que usa as mesmas métricas *QoS*.
- Estas métricas são necessárias à transmissão de aplicativos multimídia em tempo real.

Modelo Original (Zhengying et al., 2001)



- O objetivo do AG é:
 - Encontrar uma árvore (rota) *multicast* que atenda ao *delay* máx. em cada caminho.
 - Dentre as árvores que atendem ao *delay*, encontrar a árvore de menor custo.

- **Indivíduos:** árvores *multicast*



- **População Inicial:** gera aleatoriamente árvores que partem da origem até atingir todos destinos.

- **Avaliação:**

$$F(T) = \frac{1}{\sum_{e \in T} \text{custo}(e)} \prod_{t \in D} (\omega(\text{delay}(s, t) - \text{Delay}(t)))$$

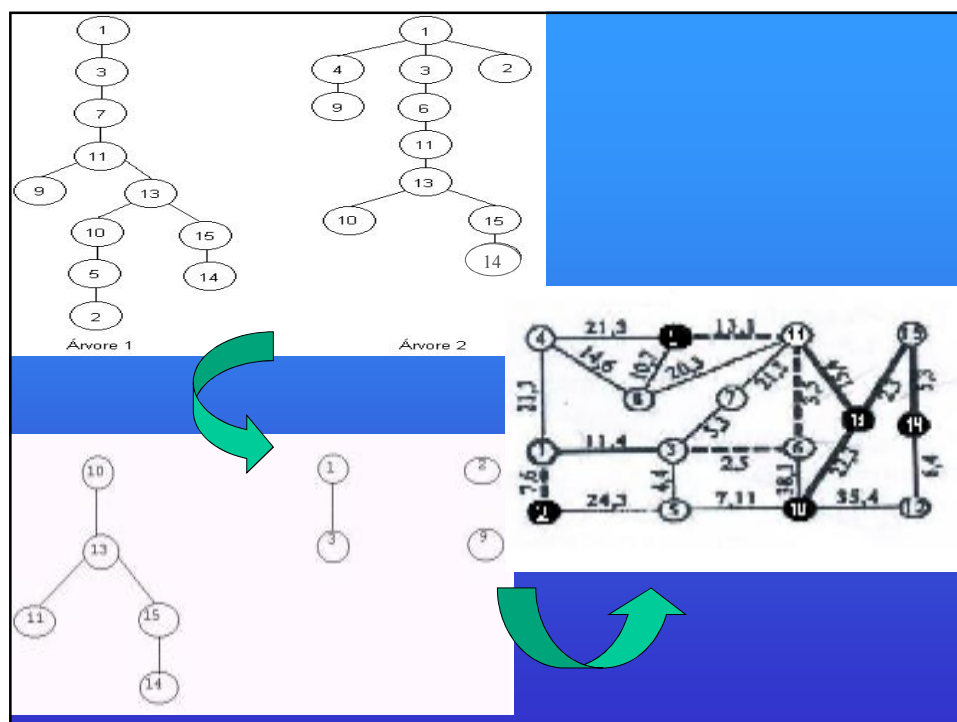
E : conjunto de enlaces. $e \in E$

- s : nó origem e D : conjunto de nós destinos
- T : árvore *multicast*. $T(s, D)$
- t : um caminho até um dos destinos em T
- $\text{Delay}(t) = \text{Delay}$ máximo (restrição do roteamento)
- $\text{delay}(s, t)$ = atraso partindo de s até um destino t
- $\omega(X)$: função de penalidade:

$$\omega(x) = \begin{cases} 1, & \text{se } x \leq 0 \\ 0,5, & \text{se } x > 0 \end{cases}$$

- **Crossover** composto pelos seguintes passos:

- (1) escolher 2 pais utilizando-se seleção pela roleta;
- (2) comparar pais p/ identificar os arcos idênticos;
- (3) criar sub-árvores a partir destes arcos;
- (4) gerar um filho através da re-conexão das sub-árvores, realizada respeitando-se o seguinte critério:
 - se um dos dois pais atender ao *delay* máx., é utilizado um algoritmo tradicional que encontra o caminho de menor custo entre as sub-árvores;
 - senão, o algoritmo de busca encontra o caminho de menor *delay*.



Mutação:

- **Eliminamos arcos de um conjunto de nós escolhidos aleatoriamente do indivíduo.**
- **Como consequência, sub-árvores derivadas deste filho são geradas.**
- **O algoritmo re-conecta as sub-árvores da nova árvore T utilizando o mesmo processo do método de recombinação.**

Modelo Implementado

- **Lacunas no Modelo Original e Adaptações:**

Inexistência de arcos idênticos	O pai de menor custo (ou delay) é replicado como filho. A decisão custo/delay segue o mesmo critério da conexão.
Algoritmo utilizado na conexão das sub-árvores.	Busca em profundidade
Tamanho Elite	50% da população
Percentual de nós desconectados na mutação.	20% do total de nós

Modelo Implementado

- **Inovações visando ET:**
 - (1) **Inclusão do número de passos como métrica: critério de desempate, quando existirem caminhos de mesmo custo.**

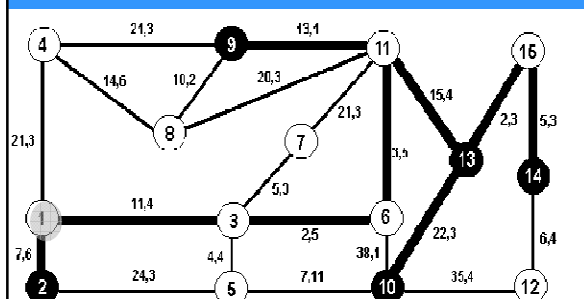
Critério: delay/custo/no.passos
 - (2) **Inclusão de um mecanismo para inibir rotas repetidas na população final: a cada filho gerado, verifica se o mesmo já existe na população. Se existe, ocorre mutação.**

Modelo Implementado

- **Modificações incorporadas são importantes para a ET, pois permitem:**
 - **A implementação do re-roteamento rápido que, aumenta a confiabilidade da rede através da criação de rotas *backup* a serem utilizadas.**
 - **A distribuição de carga.**
 - **A melhoria do desempenho total da rede pois, com a diminuição do número de passos, há uma redução no consumo geral dos recursos da rede.**

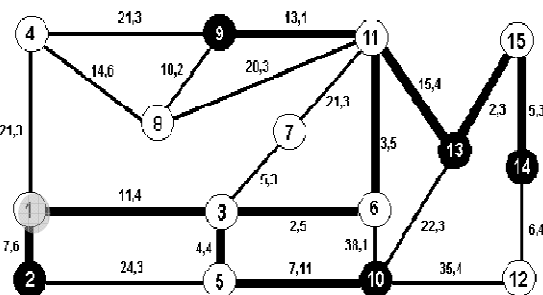
Experimentos

Rede0 (Zhengying *et al.*, 2001) \Rightarrow Delay máx: 25ms



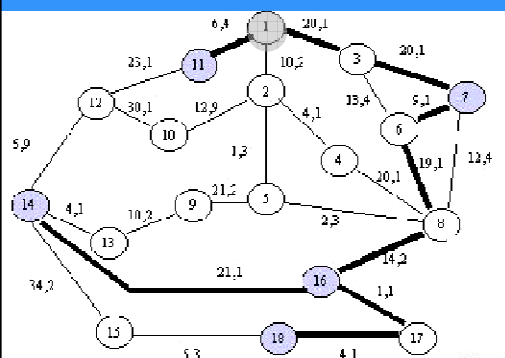
Delay: 24ms
Custo: 69

Delay: 24ms
Custo: 80



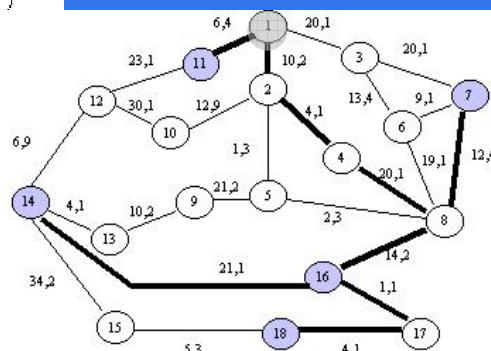
Experimentos

Rede1 (Ravikumar *et al.*, 1998) \Rightarrow Delay máx: 9ms



Delay: 8ms
Custo: 114

Delay: 8ms
Custo: 92



Experimentos

Resultados Rede 0

<i>Np</i>	<i>Ng</i>	<i>% Convergência</i>	<i>Tempo Sala</i>	<i>Delay Médio</i>	<i>Custo Médio</i>	<i>Nº Passos Médio</i>
15	20	70%	0.46 s	24 ms	74,10	9.85
30	20	95%	0.90 s	24 ms	69,05	9.95

Resultados Rede 1

<i>Np</i>	<i>Ng</i>	<i>% Convergência</i>	<i>Tempo Sala</i>	<i>Delay Médio</i>	<i>Custo Médio</i>	<i>No Passos Médio</i>
15	20	15%	0.47 s	8 ms	105,20	9.85
30	20	30%	1.12 s	8 ms	103,05	9.7

Comentários Finais

- AG implementado converge para a solução ótima global, enquanto que as implementações originais não conseguiram.
- Nas execuções em que o AG não consegue convergir para o ótimo global, são obtidas soluções sub-ótimas que atendem ao *delay*, com um pequeno acréscimo no custo.
- As rotas sub-ótimas obtidas possuem um pequeno acréscimo de custo, mas mantêm um no. de passos próximo ao ótimo global.

Comentários Finais

- **Mecanismo para impedir rotas idênticas, como o implementado, realmente se faz necessário para o re-roteamento:
Diversidade: 0 a 11% \Rightarrow 79 a 89%**
- **A solução é sensível à topologia da rede e à distribuição dos valores de custo e *delay*.**
- **Novos experimentos com o objetivo de obter um ambiente que retorne uma melhor convergência para ambas as redes.**
- **Utilização de algoritmos mais eficientes na busca do menor caminho na conexão.**