

Otimização de Roteamento com Protocolos Tradicionais para Aplicações Free-Viewpoint Television (FTV)

Henrique Garcia, Priscila Solis

Universidade de Brasília

henriquedgarcia@gmail.com, pris@cic.unb.br

02 de junho de 2016

- 1 Introdução
- 2 Fundamentação Teórica
- 3 Modelo de Otimização
- 4 Resultados
- 5 Conclusão e Trabalhos Futuros

Internet

- A Internet hoje
- 2018 -> 80% Internet = vídeo
- Vídeo é autossimilar

Internet

- A Internet hoje
- 2018 -> 80% Internet = vídeo
- Vídeo é autossimilar

Proposta

Otimizar o roteamento do novo tráfego na infraestrutura atual

Internet

- A Internet hoje
- 2018 -> 80% Internet = vídeo
- Vídeo é autossimilar

Proposta

Otimizar o roteamento do novo tráfego na infraestrutura atual

Trabalhos relacionados

- **(Altın, A. et al. (2013))** - Engenharia de tráfego intradomínio com protocolos de menor caminho: **(Fortz B., Rexford J. M. Thorup. (2002))**
- **(Leduc G., et al. (2006))** - Simulador TOTEM
- **(Balon, S., Skivée, F., Leduc, G. (2006))** - Funções de custo
- **(Papadimitriou, D., et al. (2015))** - Novas arquiteturas

O tráfego de vídeo

O tráfego de vídeo

525 x 858, 30 fps, 16 bits
 ≈ 216 Mbps.

O tráfego de vídeo

O tráfego de vídeo

525 x 858, 30 fps, 16 bits
≈ 216 Mbps.

O tráfego de vídeo

- UHDTV
 - 4K (3840 x 2160)
 - 8K (7680 x 4320)
 - 10K (10240 x 4320)
- P2P, VoD (Alta demanda)
- 3D, FTV (Vários fluxos)

O tráfego de vídeo

O tráfego de vídeo

525 x 858, 30 fps, 16 bits
≈ 216 Mbps.

O tráfego de vídeo

- UHDTV
 - 4K (3840 x 2160)
 - 8K (7680 x 4320)
 - 10K (10240 x 4320)
- P2P, VoD (Alta demanda)
- 3D, FTV (Vários fluxos)

Problemas

- Tráfego muito intenso
- Alta explosividade (LRD)
- Poisson não caracteriza
- Autossimilaridade agregada

O tráfego de vídeo

O tráfego de vídeo

525 x 858, 30 fps, 16 bits
 \approx 216 Mbps.

O tráfego de vídeo

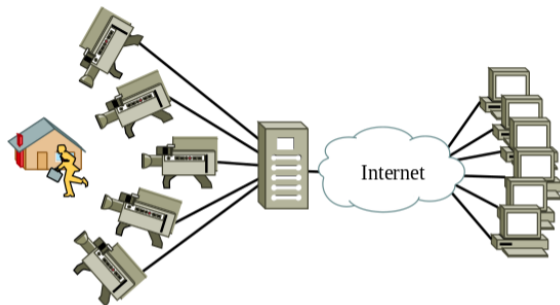
- UHDTV
 - 4K (3840 x 2160)
 - 8K (7680 x 4320)
 - 10K (10240 x 4320)
- P2P, VoD (Alta demanda)
- 3D, FTV (Vários fluxos)

Problemas

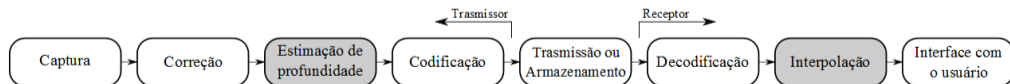
- Tráfego muito intenso
- Alta explosividade (LRD)
- Poisson não caracteriza
- Autossimilaridade agregada

Soluções

- Processos Autossimilares (FEP)
- H - Parâmetro de Hust
- ϵ - Violação do modelo
- Caracterizar $I_{(i,j)}$ com \bar{a}_g , σ_g^2 e H_g



Exemplo de transmissão FTV ao vivo



Arquitetura FTV (Em padronização)

OSPFv2

- Único parâmetro (ϕ) controla as rotas
- Utiliza Dijkstra
- ECMP (Equal-Cost MultiPath)

OSPFv2

- Único parâmetro (ϕ) controla as rotas
- Utiliza Dijkstra
- ECMP (Equal-Cost MultiPath)

Otimização do OSPFv2

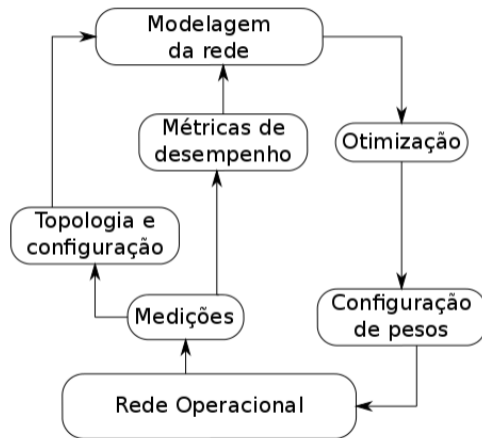
- Inteiro 16 bits
- Problema de fluxo multiproduto
- PLI (Programação Linear Inteira)
- Objetivo: $\min \Theta_{od}(\phi)$

OSPFv2

- Único parâmetro (ϕ) controla as rotas
- Utiliza Dijkstra
- ECMP (Equal-Cost MultiPath)

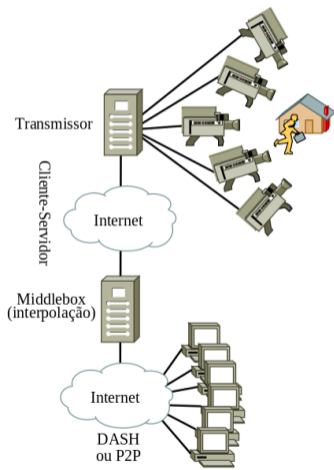
Otimização do OSPFv2

- Inteiro 16 bits
- Problema de fluxo multiproduto
- PLI (Programação Linear Inteira)
- Objetivo: $\min \Theta_{od}(\phi)$

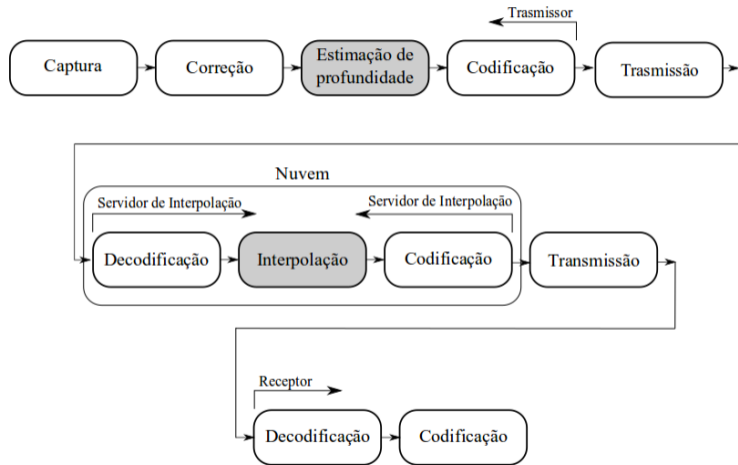


Engenharia de tráfego

Proposta do Cenário da aplicação



Cenário FTV utilizado



Arquitetura FTV utilizada

Modelo InvCap

- Custo estático
- Inverso da capacidade
- Não depende da carga

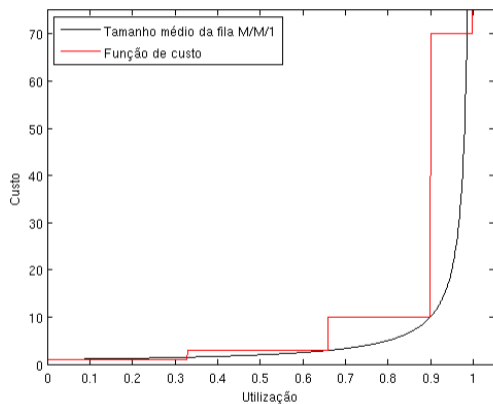
$$\text{Minimizar } \Phi = \sum_{(i,j) \in A} \phi_{(i,j)}$$

Sujeito a :

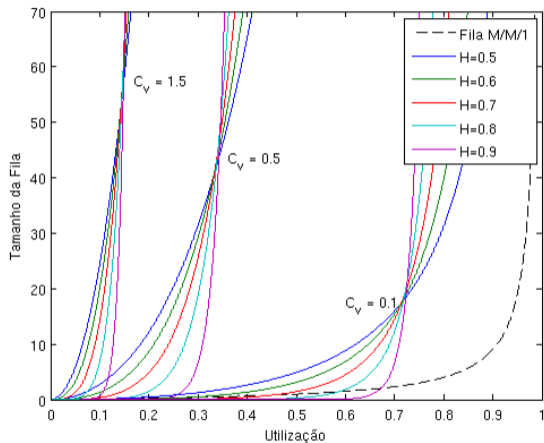
$$\phi_{(i,j)} = \frac{1}{c_{(i,j)}} \alpha$$

Função de custo Fortz

$$\varphi' = \begin{cases} 1 & 0 \leq l/c < 1/3 \\ 3 & 1/3 \leq l/c < 2/3 \\ 10 & 2/3 \leq l/c < 9/10 \\ 70 & 9/10 \leq l/c < 1 \\ 500 & 1 \leq l/c < 11/10 \\ 5000 & 11/10 \leq l/c < \infty \end{cases}$$



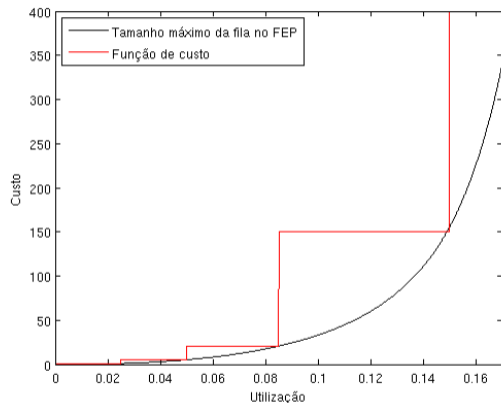
Custo e tamanho da fila



Comparação do tamanho da fila para vários modelos.

Função de custo FEP

$$\varphi' = \begin{cases} 1 & 0 \leq l/c < 0,025 \\ 5 & 0,025 \leq l/c < 0,05 \\ 20 & 0,05 \leq l/c < 0,085 \\ 150 & 0,085 \leq l/c < 0,15 \\ 1300 & 0,15 \leq l/c < 0,20 \\ 17000 & 0,20 \leq l/c < \infty \end{cases}$$



Custo e tamanho da fila para o FEP

$$\text{Minimizar } \Phi = \sum_{(i,j) \in A} \phi(i,j)$$

Sujeito a :

$$\sum_{j \in N} f_{(i,j)}^{(s,t)} - \sum_{j \in N} f_{(j,i)}^{(s,t)} = \begin{cases} d(s,t) & \text{se } i = s \\ -d(s,t) & \text{se } i = t \\ 0 & \text{se } i \neq s, t \end{cases} \quad i, s, t \in N$$

$$l(i,j) = \sum_{(s,t) \in N} f_{(i,j)}^{(s,t)} \leq c(i,j)$$

$$\phi(i,j) \geq l(i,j)$$

$$\phi(i,j) \geq 5l(i,j)H(i,j) - 1/10c(i,j)$$

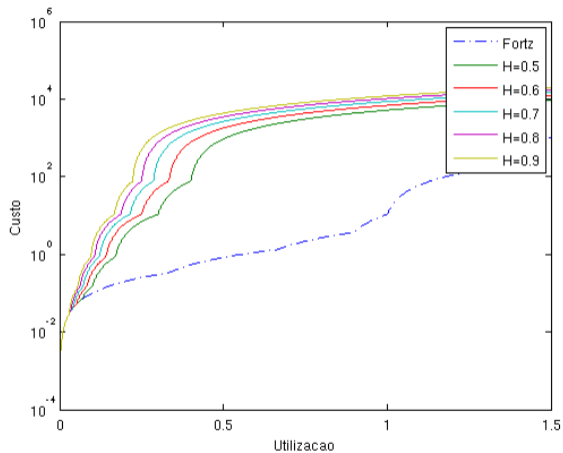
$$\phi(i,j) \geq 20l(i,j)H(i,j) - 17/20c(i,j)$$

$$\phi(i,j) \geq 150l(i,j)H(i,j) - 119/10c(i,j)$$

$$\phi(i,j) \geq 1300l(i,j)H(i,j) - 922/5c(i,j)$$

$$\phi(i,j) \geq 17000l(i,j)H(i,j) - 3325c(i,j)$$

Comparação de custos



Comparação do crescimento do custo do enlace

Passo a passo

- Passo 1 Caracterizar o tráfego conforme processo autossimilar $(\bar{a}_v, \sigma_v^2, H_v)$
- Passo 2 Obter informações sobre o tráfego de fundo $(\bar{a}_f, \sigma_f^2, H_f)$
- Passo 3 Calcular H_g e σ_g^2 da rede e \hat{c} da aplicação
- Passo 4 Construir a matriz de tráfego
- Passo 5 Resolver o modelo de PLI
- Passo 6 Configurar custos
- Passo 7 Aplicar tráfego e monitorar métricas.

Métrica

- A média do máximo atraso estatístico por salto em função da carga na rede.

Métrica

- A média do máximo atraso estatístico por salto em função da carga na rede.

FEP

- $\varepsilon = 10^{-3}$

Métrica

- A média do máximo atraso estatístico por salto em função da carga na rede.

FEP

- $\varepsilon = 10^{-3}$

Parâmetros do tráfego da aplicação

- 10 fluxos de vídeo 4K
- 4096 x 1744 pixels, 24 fps, H.265
- $\bar{a}_v = 56,76 Mbps$
- $C_v = 1,5, H = 0,87$
- $\hat{c}_{max} = 273,699 Mbps$

Tráfego de Fundo

- Taxa = 5 %, 10 %, 15 % e 20 %.
- Parâmetro $H = [0,5, 0,8]$ uniformemente distribuído.

Transmissão

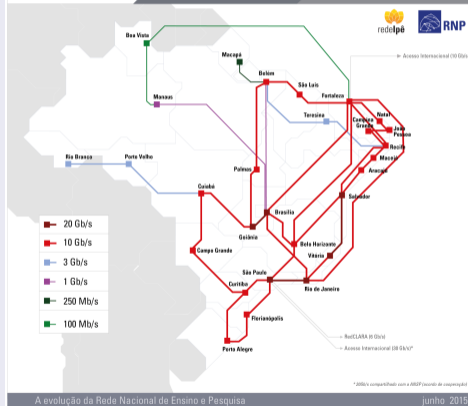
(Porto Alegre → Belém)

Topologia

Conexão em 2015

capacidade agregada 324,42 Gb/s

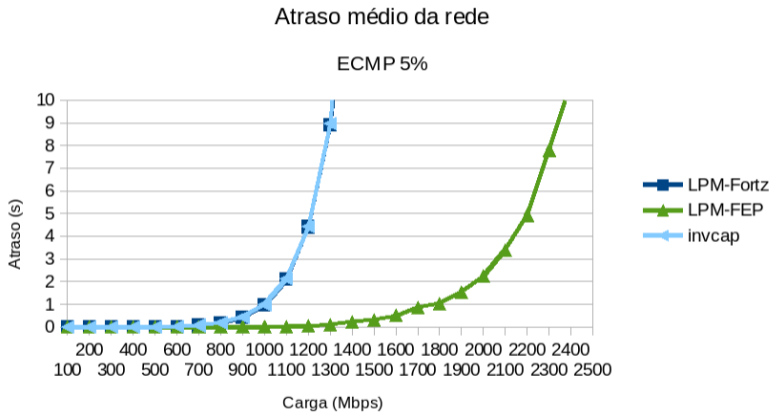
capacidade internacional 46 Gb/s



Rede Nacional de Pesquisa

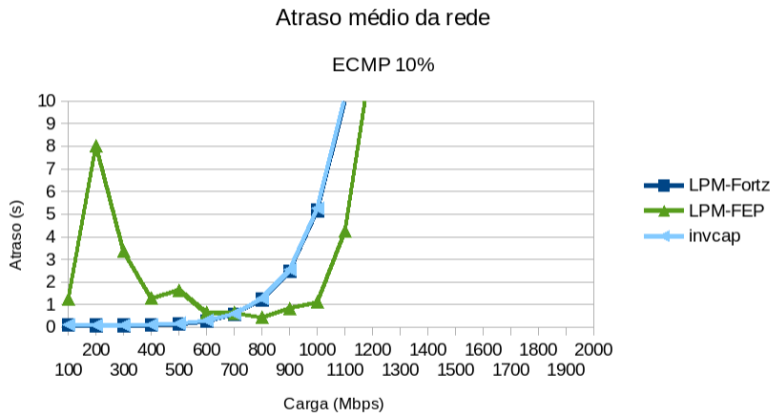
TOTEM - TOolbox for Traffic Engineering Methods

- Código aberto, Java
- Roteamento IP por menor caminho (Dijkstra)
- ECMP (Equal-Cost MultiPath)
- Heurística
- GLPK (GNU Linear Programming Kit)
 - AMPL



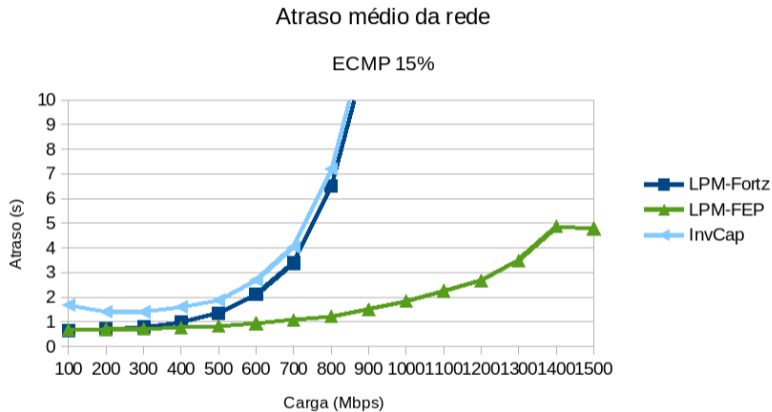
LPM-Fortz: $t = 5 \text{ s}$, $\bar{T} \approx 1200 \text{ Mbps}$

LPM-FEP: $t = 5 \text{ s}$, $\bar{T} \approx 2200 \text{ Mbps}$



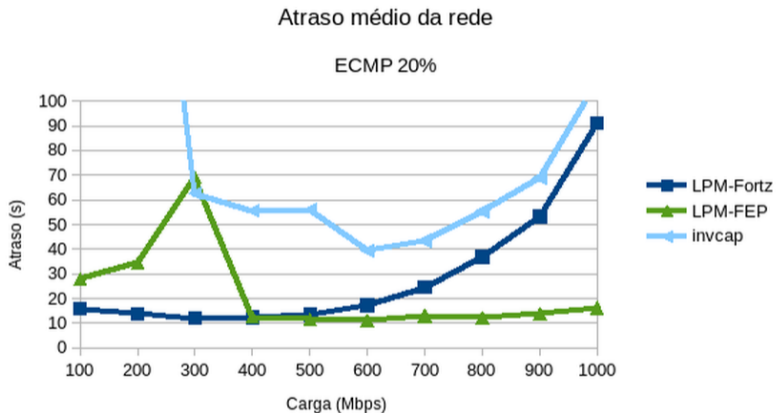
LPM-Fortz: $t = 5 \text{ s}$, $\bar{T} \approx 1000 \text{ Mbps}$

LPM-FEP: $t = 5 \text{ s}$, $\bar{T} \approx 1100 \text{ Mbps}$



LPM-Fortz: $t = 5$ s, $\bar{I} \approx 750$ Mbps

LPM-FEP: $t = 5$ s, $\bar{I} \approx 1400$ Mbps



LPM-Fortz: $t = 5$ s, $\bar{I} \approx -$ Mbps

LPM-FEP: $t = 5$ s, $\bar{I} \approx -$ Mbps

Análise dos resultados

- Apresentamos uma metodologia de otimização de roteamento por menor caminho
- Foi analisado e modelado o tráfego da rede como um processo autossimilar
- A FTV foi analisada com middleboxes
- Custos dos enlaces foram otimizados com base no H
- LPM-FEP reduziu atrasos máximos
- Na simulação, para manter o atraso $t_q \leq 5s$ a utilização $\bar{U} \leq 0.25$

Análise dos resultados

- Apresentamos uma metodologia de otimização de roteamento por menor caminho
- Foi analisado e modelado o tráfego da rede como um processo autossimilar
- A FTV foi analisada com middleboxes
- Custos dos enlaces foram otimizados com base no H
- LPM-FEP reduziu atrasos máximos
- Na simulação, para manter o atraso $t_q \leq 5s$ a utilização $\bar{U} \leq 0.25$

Trabalhos futuros

- Aperfeiçoar modelo
- Validar o modelo em ambiente dinâmico
- Estender modelo para outras aplicações

Fim.
Perguntas?

Obrigado!