**Traffic engineering of unicast services**

Um serviço multicast é definido por um **conjunto de tráfego de fluxos E2E** dados na rede de telecomunicações.

Ex: Temos uma rede composta por um conj. de **ligações E2E** e suporta serviços **unicast** definido por um conj. de tráfego de **fluxos E2E**, T, tal que os pacotes de todos os fluxos têm as mesmas estatísticas.

-> Rede modelado por um Graph G=(N,A), N é o conj. de nodes, A é o conj. de ligações. arc (i,j) ∈ A, representa a ligação entre nós i ∈ N e j ∈ N desde i até j cujas capacidades são dadas por C­­­ij em bps, normalmente C­­­ij = C­­­ji

-> Cada fluxo de tráfego t ∈ T é definido pelo **nó de origem** o­t, **nó destino** dt, **average Throughput da origem ao destino** bt e o **average Throughput do destino à origem** bt (em bps)

-> Para cada fluxo t ∈ T, **Pt** é o conj de **caminhos de encaminhamento candidatos** no grafo, do nó de origem até ao nó destino.

**Traffic engineering** é a **tarefa de escolher** para cada flow t ∈ T **a percentagem média de TT que deve ser encaminhada por cada um dos caminhos** de encaminhamento candidatos dos Pt em cada direção.

**Traffic engineering with single path routing**

-> No encaminhamento de caminho único, cada fluxo de tráfego deve ser encaminhado através de **1 único caminho (não é permitida a separação/ramificação de fluxos)**.

-> O encaminhamento **simétrico** pode ser necessário ou n: se sim, o caminho de **encaminhamento de j->i deve usar as mesmas ligações que o caminho de i->j**

Considere uma variável xtp associada a cada fluxo t ∈ T e a cada percurso p ∈ Pt que, quando é 1, indica que o fluxo t é encaminhado através do percurso p.

Qlqr solução de traffic-eng com um encaminhamento por um caminho único deve respeitar as seguintes restrições.

-> Para cada fluxo t ∈ T, uma das suas variáveis associadas xtp deve ser 1 e tds as outras vars devem ser 0.

-> Em cada arc(i, j) ∈ A, **a soma dos TT (src-dst/dst-src) de tds os fluxos não podem ser superiores à sua capacidade** Cij.

**Objetivos Traffic engineering**

Qlqr solução de traffic-eng com um encaminhamento por um caminho único deve respeitar as seguintes

-> **Otimizar pelo menos 1 parâmetro** relacionado com o **desempenho ou custo operacional da rede**;

-> Opcionalmente, tem objetivo de garantir valores (máx. e mín.) para outros parâmetros.

Ex de parâmetros de otimização:

-> Atraso médio de pacotes;

-> Pior atraso médio de pacotes entre todos os fluxos de tráfego