

Allocação de Banda Baseada em Teoria dos Jogos para Redes Virtuais

Seminário de Teoria dos Jogos Algoritmica

1º Semestre de 2017



Apresentação

- Sérgio Ricardo R. de Sá
- Engenheiro de Computação formando pela Universidade São Francisco
- VMware Certified Professional 4, 5, 6 Datacenter Virtualization.
- MCSE – Microsoft System Engineer
- MCSTI – Microsoft System Specialist Technology Integrator Hyper-V
- IBM Certified Solution Architect - Cloud Computing Infrastructure V1
- IBM Certified Specialist - System x Technical Principle



Agenda

- Motivação
- Breve Historico “*Software Defined Network*”
- Introdução
- Modelo do Sistema
- Alocação dos Recursos
- Estudo da performance
- Conclusão.



- Motivação ←
- Breve Historico “*Software Defined Network*”
- Introdução
- Modelo do Sistema
- Alocação dos Recursos
- Estudo da performance
- Conclusão.



Motivação

- Poder estudar afundo os conceitos de Teoria dos Jogos e possíveis aplicações praticas
- Estudar a aplicabilidade dos conceitos de Teoria dos Jogos em Ambientes Virtualizados.
- Realizar Mestrado utilizando o conceito de Teoria dos Jogos em “Software Defined Network”



- Motivação
- Breve Historico “*Software Defined Network*” ←
- Introdução
- Relato do Trabalho
- Modelo do Sistema
- Alocação dos Recursos
- Estudo da performance
- Conclusão.



Breve Historico “*Software Defined Network*”

- Do ponto de vista historico, SDNs têm sua origem na definição da arquitetura de redes Ethane, que definia uma forma de se implementar políticas de controle de acesso de forma distribuída, a partir de um mecanismo de supervisão centralizado [Casado et al. 2009]. Naquela arquitetura, cada elemento de rede deveria consultar o elemento supervisor ao identificar um novo fluxo. O supervisor consultaria um grupo de políticas globais para decidir, com base nas características de cada fluxo, como o elemento de encaminhamento deveria trata-lo. Essa decisão seria comunicada ao comutador na forma da programação de uma entrada em sua tabela de encaminhamento com uma regra adequada para o novo fluxo (que poderia, inclusive, ser seu descarte). Esse modelo foi posteriormente formalizado por alguns dos autores na forma da arquitetura OpenFlow

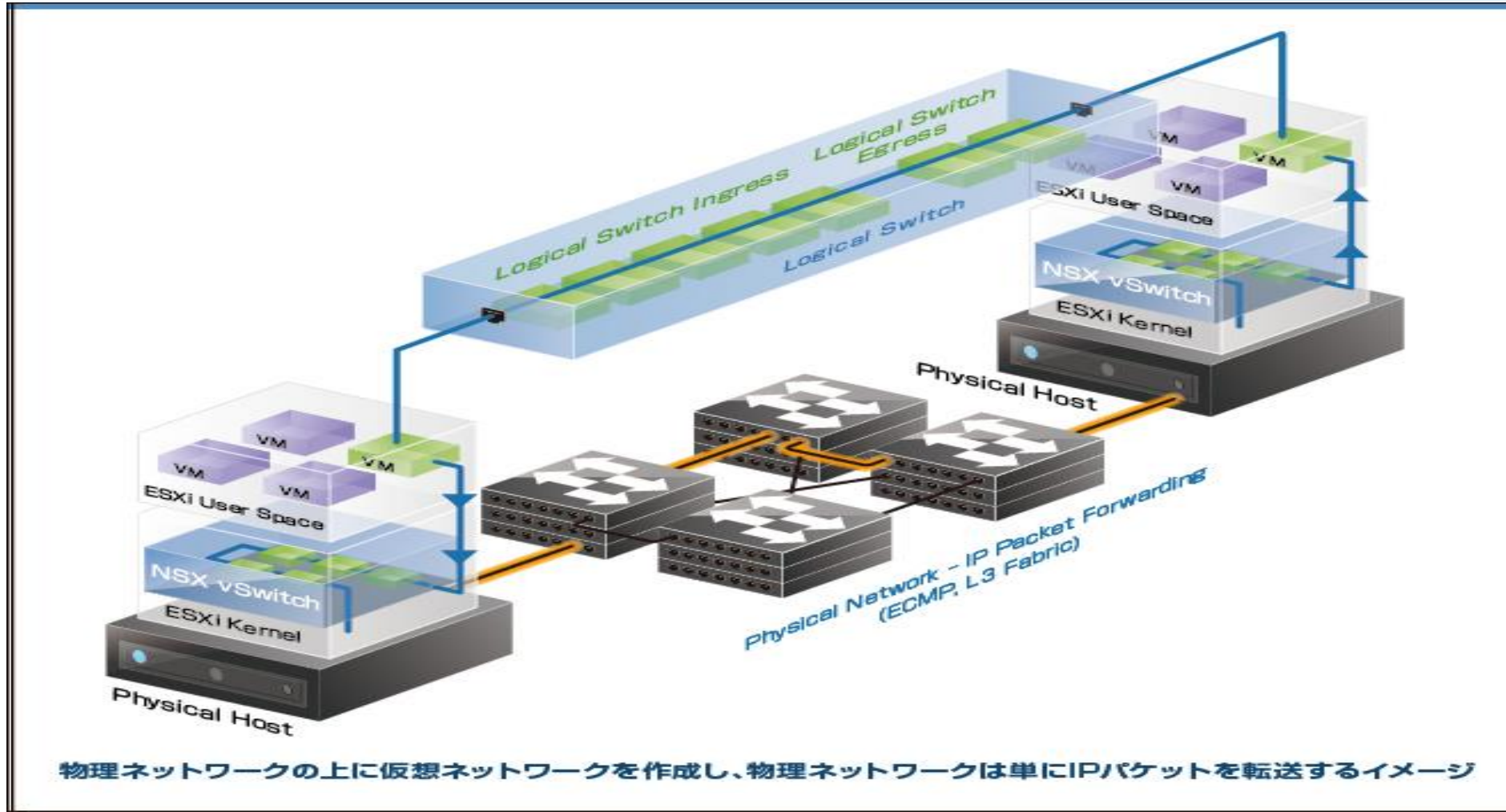


Breve Historico “*Software Defined Network*”

- A iniciativa mais bem sucedida nesse sentido foi, sem duvida, a definição da interface e do protocolo OpenFlow [McKeown et al. 2008]. Com OpenFlow, os elementos de encaminhamento oferecem uma interface de programação simples que lhes permite estender o acesso e controle da tabela de consulta utilizada pelo hardware para determinar o próximo passo de cada pacote recebido. Dessa forma, o encaminhamento continua sendo eficiente, pois a consulta a tabela de encaminhamento continua sendo tarefa do hardware, mas a decisão sobre como cada pacote deve ser processado pode ser transferida para um nível superior, onde diferentes funcionalidades podem ser implementadas. Essa estrutura permite que a rede seja controlada de forma extensível através de aplicações, expressas em software. A esse novo paradigma, deu-se o nome de Redes Definidas por Software, ou Software Defined Networks (SDN).



Modelo de uma Rede Virtual



- Motivação
- Breve Historico “*Software Defined Network*”
- Introdução ←
- Modelo do Sistema
- Alocação dos Recursos
- Estudo da performance
- Conclusão.



Introdução

- Nos últimos anos a virtualização de redes atraiu muita atenção no debate de como modelar a nova geração da internet.
- Prover novos serviços de internet é difícil sem a cooperação de todas as partes interessadas (StackHolders)
- Pesquisadores acreditam que as redes virtuais possam superar o “engessamento” das redes atuais e prover melhorias e inovações.



Introdução

- Os papéis dos Provedores de Serviços de Internet (Internet Service Providers – ISP) são divididos em duas partes:
 - Provedores de Infraestrutura (Infrastructure Providers – InPs)
 - Infraestrutura
 - Responsavel pela parte fisica da Rede
 - Provedores de Serviços (Service Providers – SP)
 - Resposavel pelas Redes Virtualizadas (Virtual Network – VN)
 - A entrega de uma VN deve ser vista por duas perspectivas
 - Maximizar seu ganho através da alocação de recursos do InPs
 - Obter todos os recursos necessarios do SP



Introdução

Problema

A Virtualização de Redes encara um desafio Fundamental

- Dividir Eficientemente recursos Físicos entre Múltiplas VNs
 - InPs Manter o balanceamento e maximizar seu próprio ganho.
 - SP Como obter recursos suficiente competindo com outras VNs ou selecionar o Melhor InPs



Introdução

- A Teoria dos jogos é um campo aplicado da matemática que analisa situações decisórias interativas, e provê uma ferramenta analítica para prever resultados de interações complexas entre entidades racionais.
- Devido a complexa interação entre InPs e SP, introduziu-se a teoria dos jogos no esquema de alocação de Banda no ambientes de Redes Virtuais na esperança de melhorar um comportamento mais eficiente.



Introdução

Neste Estudo

Considerar a Alocação de Banda baseada em Teoria dos Jogos.

Objetivo:

Alocar Banda entre multiplas VNs dentro de uma Visão de Jogo não cooperativo.



Introdução

Resumo das contribuições para este projeto

- Propor um esquema alocação de Banda baseado em um modelo de jogo não cooperativo para descrever as interações entre mulplas VNs.
- O modelo de jogo não cooperativo foi configurado para imputar uma situação em que o total de Banda requerida pelas VNs ultrapasse a capacidade fisica da rede
 - Modelo de prestificação associado ao controle do congestionamento relativo a recompensa encoraja um comportamento eficiente.
- Provar que este modelo pode atingir o Equilibrio de Nash
 - Implementar um algoritmo interativo para este modelo.



- Motivação
- Breve Historico “*Software Defined Network*”
- Introdução
- Modelo do Sistema ←
- Alocação dos Recursos
- Estudo da performance
- Conclusão.



Modelo do Sistema

Variável	Descrição.
n	Índice dos links físicos
m	Índice das VNs
c_l	Capacidade de banda no link “l”
p_l	Preço da Banda no link físico “ l “
β_l	Preço do congestionamento do link físico “l”
x^k	Banda alocada e taxa do Caminho da VN k
y_l^k	Banda designada para a VN k no link físico
z_l^k	Taxa do Caminho da VN k no Link físico.
w_l^k	Fator de prestificação da VN k no Link físico.



Modelo do Sistema

Foi modelada a rede física gerenciada por um único InPs através de um Grafo não direcionado denominado por:

$$G = (N, L)$$

Onde

N é o conjunto dos nós físicos,

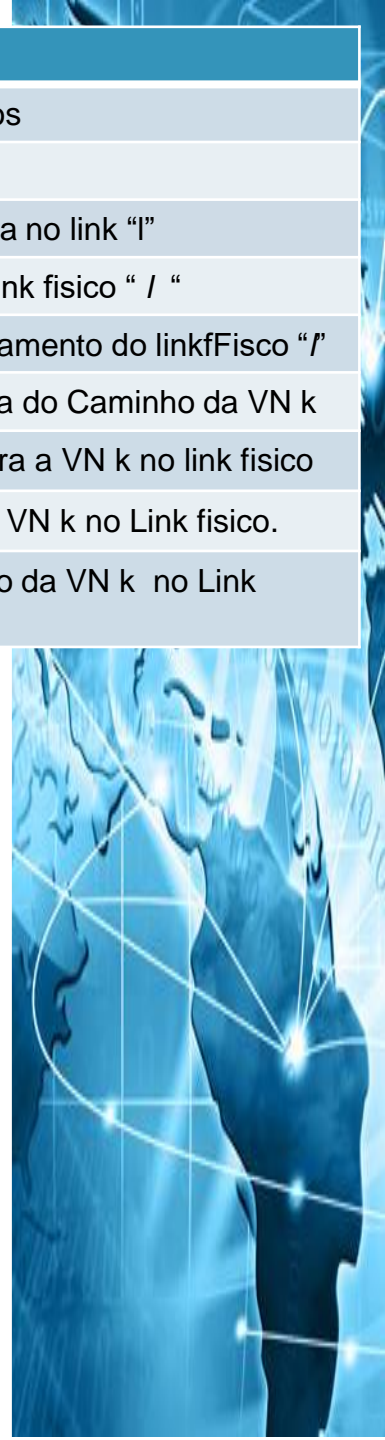
L é o conjunto dos links físicos. Representados por:

$$L = \{1, 2, \dots, n\} \quad (n \geq 2)$$

E também C para representar a capacidade de banda no Link Físico.

$$C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$$

Variável	Descrição.
n	Índice dos links físicos
m	Índice das VNs
c_l	Capacidade de banda no link “ l ”
p_l	Preço da Banda no link físico “ l ”
β_l	Preço do congestionamento do link físico “ l ”
x^k	Banda alocada e taxa do Caminho da VN k
y_l^k	Banda designada para a VN k no link físico
z_l^k	Taxa do Caminho da VN k no Link físico.
w_l^k	Fator de prestificação da VN k no Link físico.



Modelo do Sistema

De modo a obter a recompensa das VNs no InP defini-se o vetor preço como:

$$p = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$$

Outro vetor importante será o é o vetor de Congestionamento.

$$\beta = \{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n\}$$

Onde

$$\forall 1 \leq i \leq n, \\ 0 \leq \beta_i \leq 1$$

Sendo 1 o mais Congestionado

Variável	Descrição.
n	Índice dos links físicos
m	Índice das VNs
c_l	Capacidade de banda no link "l"
p_l	Preço da Banda no link físico "l"
β_l	Preço do congestionamento do link físico "l"
x^k	Banda alocada e taxa do Caminho da VN k
y_l^k	Banda designada para a VN k no link físico
z_l^k	Taxa do Caminho da VN k no Link físico.
w_l^k	Fator de priorização da VN k no Link físico.



Modelo do Sistema

As redes virtuais VNs serão definidas por.

$$V = \{ 1, 2, \dots, m \}$$

Significa que m VNs pode coexistir neste modelo.

Alocação de no link fisico fica denominada:

$$y^k = \{ y_1^k, y_2^k, \dots, y_n^k \}$$

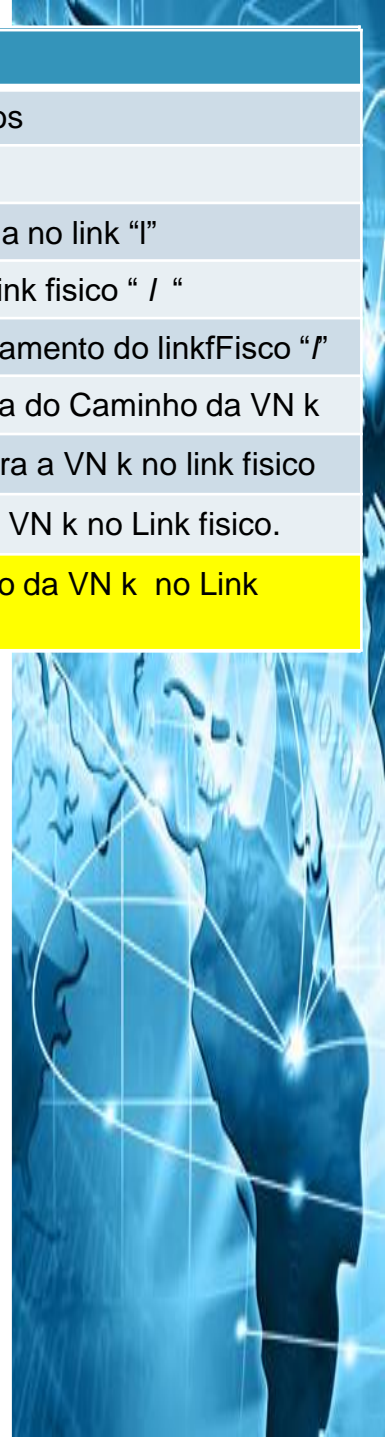
Restrita em:

$$\forall 1 \leq i \leq n, \quad 0 \leq y_i^k \leq c_i$$

Ainda Defini-se o vetor de prestificação no InP dado por:

$$w^k = \{ w_1^k, w_2^k, \dots, w_n^k \}$$

Variável	Descrição.
n	Índice dos links físicos
m	Índice das VNs
c_i	Capacidade de banda no link "i"
p_i	Preço da Banda no link fisico " i "
β_i	Preço do congestionamento do linkFisco "i"
x^k	Banda alocada e taxa do Caminho da VN k
y_i^k	Banda designada para a VN k no link fisico
z_i^k	Taxa do Caminho da VN k no Link fisico.
w_i^k	Fator de prestificação da VN k no Link fisico.



Modelo do Sistema

Para descrever a carga de trabalho do link Fisco, a taxa de caminho usada pela enésima VN é dada por.

$$z^k = \{ z_1^k, z_2^k, \dots, z_n^k \}$$

Restrita por:

$$\forall 1 \leq i \leq n, 0 \leq z_i^k \leq y_i^k$$

E para representar ambos: a banda alocada e a taxa do caminho designada define-se o vetor x^k dado por:

$$x^k = \{ y_1^k, y_2^k, \dots, y_{1n}^k, z_1^k, z_2^k, \dots, z_n^k \}$$

Variável	Descrição.
n	Índice dos links físicos
m	Índice das VNs
c_l	Capacidade de banda no link "l"
p_l	Preço da Banda no link físico " l "
β_l	Preço do congestionamento do link físico "l"
x^k	Banda alocada e taxa do Caminho da VN k
y_i^k	Banda designada para a VN k no link físico
z_i^k	Taxa do Caminho da VN k no Link físico.
w_i^k	Fator de prestificação da VN k no Link físico.



Modelo do Sistema

Neste modelom a função da recompensa inclui as seguintes partes (são 3):

- Função utilidade da VN: dada por $U^k(y^k, z^k)$.
- Função preço da VN: dada por $P_k(y^k)$. A enésima VN deve pagar o valor $p_j w_j^k$ como preço total pela banda alocada no Link j-th, deixando a função assim.

$$P_k(y^k) = \sum_{j=1}^n p_j w_j^k y_j^k \quad (1)$$

Variável	Descrição.
n	Índice dos links físicos
m	Índice das VNs
c_l	Capacidade de banda no link "l"
p_l	Preço da Banda no link físico " l "
β_l	Preço do congestionamento do link físico "l"
x^k	Banda alocada e taxa do Caminho da VN k
y_l^k	Banda designada para a VN k no link físico
z_l^k	Taxa do Caminho da VN k no Link físico.
w_l^k	Fator de prestificação da VN k no Link físico.



Modelo do Sistema

Neste modelom a função da recompensa inclui as seguintes partes (são 3):

- A Função Congestionamento sera usado $C_k(y^k, z^k)$ para medir o custo do congestionamento relativo a banda alocada e a taxa do caminho atual. Ficando.

$$C_k(y^k, z^k) = \sum_{j=1}^n \beta_j y_j^k \left[\frac{\sum_{i=1, i \neq k}^m z_j^i}{c_j} - 1 \right] + \left(-\frac{z_j^k}{c_j} \right) \quad (2)$$

Variável	Descrição.
n	Índice dos links físicos
m	Índice das VNs
c_l	Capacidade de banda no link "l"
p_l	Preço da Banda no link físico " l "
β_l	Preço do congestionamento do link físico "l"
x^k	Banda alocada e taxa do Caminho da VN k
y_l^k	Banda designada para a VN k no link físico
z_l^k	Taxa do Caminho da VN k no Link físico.
w_l^k	Fator de prestificação da VN k no Link físico.



Modelo do Sistema

Na equação (2) $\left[\frac{\sum_{i=1, i \neq k}^m z_j^i}{c_j} - 1 \right] + \left(-\frac{z_j^k}{c_j} \right)$ é definida da seguinte maneira:

Se $\left[\frac{\sum_{i=1, i \neq k}^m z_j^i}{c_j} - 1 \right] < \left(-\frac{z_j^k}{c_j} \right)$ então $\left[\frac{\sum_{i=1, i \neq k}^m z_j^i}{c_j} - 1 \right] + \left(-\frac{z_j^k}{c_j} \right) = 0$

Implicando que nenhum congestionamento é cobrado

Se $\left[\frac{\sum_{i=1, i \neq k}^m z_j^i}{c_j} - 1 \right] \geq \left(-\frac{z_j^k}{c_j} \right)$ então $\left[\frac{\sum_{i=1, i \neq k}^m z_j^i}{c_j} - 1 \right] + \left(-\frac{z_j^k}{c_j} \right) = \frac{\sum_{i=1, i \neq k}^m z_j^i}{c_j} - 1$

Implicando que o custo do congestionamento é cobrado

- Cobra-se toda VN alocada em um link congestionado.

Variável	Descrição.
n	Índice dos links físicos
m	Índice das VNs
c_l	Capacidade de banda no link "l"
p_l	Preço da Banda no link físico "l"
β_l	Preço do congestionamento do link físico "l"
x^k	Banda alocada e taxa do Caminho da VN k
y_l^k	Banda designada para a VN k no link físico
z_l^k	Taxa do Caminho da VN k no Link físico.
w_l^k	Fator de prestificação da VN k no Link físico.



Modelo do Sistema

Assim temos a função pagamento (Payoff) de cada VN.

$$\theta_k(y^k, z^k) = U_k(y^k, z^k) - P_k(y^k) - C_k(y^k, z^k) \quad (3)$$



Modelo do Sistema

Modelo de Alocação de Recurso:

- Em um Jogo não cooperativo é aquele o qual ops jogadores são incapazes de fazer acordos fora da especialidade modelada no jogo. Neste modelo, Cada VN não se comunica com outra VN para modificar sua estratégia.
- Assim adota-se o conceito do Equilíbrio de Nash onde todo jogador selecionará uma utilidade que maximizará sua estratégia dada a estratégia dos outros jogadores.
- Da perspectiva da VN so há dois modos de aumentar seu ganho.
 1. - cada VN é alocada com uma dada banda para rodar sua propria taxa de caminho – Quanto mais melhor
 2. - Desde que o congestionamento em certos links sera absoluto, diminui-se a recompensa de todas as VNs nesses links.
 - **A VN tem que evitar o congestionamento.**



Modelo do Sistema

1. Jogadores: $K = \{0, 1, 2, \dots, m\}$ onde o jogador 0 é o InP e $K = 1, 2, \dots, m$ são as VNs.
2. Espaço de Ação: $P = Q \times P_1 \times P_2 \times \dots \times P_m$ onde $Q = [0, \bar{Q}]$ e P representa o Espaço de Ação da VN.
Denota-se $\bar{Q} = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ para representar a capacidade de banda em cada link físico.
3. Função de pagamento (recompensa) usa-se $\theta_k, \forall k = 1, 2, \dots, m$ para representar a recompensa final de cada VN.

Neste Modelo tenta-se resolver o problema encontrando o Equilíbrio de Nash e provando que o Equilíbrio existe no Seguinte Teorema.



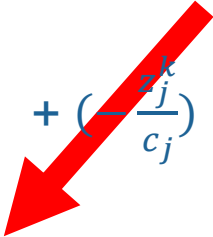
Modelo do Sistema

- Teorema 1: existe um Equilíbrio de Nash para o problema mostrado na Equação (3):

Prova: Primeiro reescreve-la da Seguinte Forma:

$$\theta_k(y^k, z^k) = U_k(y^k, z^k) - \sum_{j=1}^n p_j(w_j^k) y_j^k - \sum_{j=1}^n \beta_j c_j^k \left(\frac{\sum_{i=1}^m z_j^k}{c_j} - 1 \right) + \left(-\frac{z_j^k}{c_j} \right) \quad (5)$$

0



Caso Não Haja Congestionamento



Modelo do Sistema

- O Espaço de Ação do InP é um conjunto fechado em R^n , e a restrição

$$\forall i, \forall k, 0 \leq z_i^k \leq y_i^k \leq c^i$$

o espaço de ação de toda VN também é um conjunto fechado dos de R^n .

- Matematicamente as 3 partes de θ_k são contínuas. Assim θ_k é contínuo no Espaço de Ação.
- Precisa provar a convexidade de θ_k na equação 5.



Modelo do Sistema

Game Theory, Lecture 5 Existence Results

Kakutani's Fixed Point Theorem

Theorem
(Kakutani) Let A be a non-empty subset of a finite dimensional Euclidean space. Let $f : A \rightrightarrows A$ be a correspondence, with $x \in A \mapsto f(x) \subseteq A$, satisfying the following conditions:

- A is a compact and convex set.
- $f(x)$ is non-empty for all $x \in A$.
- $f(x)$ is a convex-valued correspondence: for all $x \in A$, $f(x)$ is a convex set.
- $f(x)$ has a closed graph: that is, if $\{x^n, y^n\} \rightarrow \{x, y\}$ with $y^n \in f(x^n)$, then $y \in f(x)$.

Then, f has a fixed point, that is, there exists some $x \in A$, such that $x \in f(x)$.

14

Game Theory, Lecture 5 Existence Results

Proof of Nash's Theorem

- The idea is to apply Kakutani's theorem to the best response correspondence $B : \Sigma \rightrightarrows \Sigma$. We show that $B(\sigma)$ satisfies the conditions of Kakutani's theorem.
- Σ is compact, convex, and non-empty.
 - By definition

$$\Sigma = \prod_{i \in I} \Sigma_i$$
 where each $\Sigma_i = \{x \mid \sum_j x_j = 1\}$ is a simplex of dimension $|S_i| - 1$, thus each Σ_i is closed and bounded, and thus compact. Their product set is also compact.
- $B(\sigma)$ is non-empty.
 - By definition,

$$B_i(\sigma_{-i}) = \arg \max_{x \in \Sigma_i} u_i(x, \sigma_{-i})$$
 where Σ_i is non-empty and compact, and u_i is linear in x . Hence, u_i is continuous, and by Weirstrass's theorem $B(\sigma)$ is non-empty.

16

Game Theory, Lecture 5 Existence Results

Proof (continued)

3. $B(\sigma)$ is a convex-valued correspondence.

- Equivalently, $B(\sigma) \subset \Sigma$ is convex if and only if $B_i(\sigma_{-i})$ is convex for all i . Let $\sigma'_i, \sigma''_i \in B_i(\sigma_{-i})$.
- Then, for all $\lambda \in [0, 1] \in B_i(\sigma_{-i})$, we have

$$u_i(\sigma'_i, \sigma_{-i}) \geq u_i(\tau_i, \sigma_{-i}) \quad \text{for all } \tau_i \in \Sigma_i,$$

$$u_i(\sigma''_i, \sigma_{-i}) \geq u_i(\tau_i, \sigma_{-i}) \quad \text{for all } \tau_i \in \Sigma_i.$$
- The preceding relations imply that for all $\lambda \in [0, 1]$, we have

$$\lambda u_i(\sigma'_i, \sigma_{-i}) + (1 - \lambda) u_i(\sigma''_i, \sigma_{-i}) \geq u_i(\tau_i, \sigma_{-i}) \quad \text{for all } \tau_i \in \Sigma_i.$$
 By the linearity of u_i ,

$$u_i(\lambda \sigma'_i + (1 - \lambda) \sigma''_i, \sigma_{-i}) \geq u_i(\tau_i, \sigma_{-i}) \quad \text{for all } \tau_i \in \Sigma_i.$$
 Therefore, $\lambda \sigma'_i + (1 - \lambda) \sigma''_i \in B_i(\sigma_{-i})$, showing that $B(\sigma)$ is convex-valued.

17

Game Theory, Lecture 5 Existence Results

Proof (continued)

4. $B(\sigma)$ has a closed graph.

- Suppose to obtain a contradiction, that $B(\sigma)$ does not have a closed graph.
- Then, there exists a sequence $(\sigma^n, \hat{\sigma}^n) \rightarrow (\sigma, \hat{\sigma})$ with $\hat{\sigma}^n \in B(\sigma^n)$, but $\hat{\sigma} \notin B(\sigma)$, i.e., there exists some i such that $\hat{\sigma}_i \notin B_i(\sigma_{-i})$.
- This implies that there exists some $\sigma'_i \in \Sigma_i$ and some $\epsilon > 0$ such that

$$u_i(\sigma'_i, \sigma_{-i}) > u_i(\hat{\sigma}_i, \sigma_{-i}) + 3\epsilon.$$
- By the continuity of u_i and the fact that $\sigma_{-i}^n \rightarrow \sigma_{-i}$, we have for sufficiently large n ,

$$u_i(\sigma'_i, \sigma_{-i}^n) \geq u_i(\sigma'_i, \sigma_{-i}) - \epsilon.$$

18

Game Theory, Lecture 5 Existence Results

Proof (continued)

- [step 4 continued] Combining the preceding two relations, we obtain

$$u_i(\sigma'_i, \sigma_{-i}^n) > u_i(\hat{\sigma}_i, \sigma_{-i}) + 2\epsilon \geq u_i(\hat{\sigma}_i^n, \sigma_{-i}^n) + \epsilon,$$
 where the second relation follows from the continuity of u_i . This contradicts the assumption that $\hat{\sigma}_i^n \in B_i(\sigma_{-i}^n)$, and completes the proof.
- The existence of the fixed point then follows from Kakutani's theorem.
- If $\sigma^* \in B(\sigma^*)$, then by definition σ^* is a mixed strategy equilibrium.

• If $\sigma^* \in B(\sigma^*)$, then by definition σ^* is a mixed strategy equilibrium.



Modelo do Sistema

- Por ser a função de utilidade uma função convexa, e a função de preço uma função linear a convexidade de θ_k depende da função de congestionamento.
- Na função congestionamento foca-se apenas na taxa do caminho causada por outras VNs, e denotamos que

$$\alpha_j^k = \frac{\sum_{i=1, i \neq K}^m z_k^i}{c_j} - 1$$

- Perceba que α_j^k é uma constante equanto a enésima VN é travada. Assim $\sum_{j=1}^n \beta_j y_j^k \alpha_j^k$ também é uma função linear.
- Assim, a função de pagamento θ_k é uma função convexa. Portanto

O Equilíbrio de Nash Existe.



Modelo do Sistema

Assim foi desenvolvido o seguinte algoritmo (**ALGORITMO 1**) para implementar o modelo mencionado e atingir o Equilíbrio de Nash, auxiliado pelo conceito de interação.

Algorithm 1 Bandwidth allocation scheme based on the non-cooperative game model

$State_0$ represents the initial bandwidth allocation
while $State_i \neq State_{i-1}$ (The Nash Equilibrium isn't arrived) **do**

 Compute the $i+1$ -th iteration

for Every VN in the model **do**

 Find the best response by solving the problem stated in Equation (6)

end for

 The result of the $i+1$ -th iteration is denoted as $State_{i+1}$

end while



Modelo do Sistema

- Vetor $State_i = \{x_i^1, x_i^2, \dots, x_i^m\}$ Alocação de banda de todas as VNs depois de i interações.
 - Inicialmente são alocados recursos para todas VNs no $State_0$
- Nas interações as respostas de cada VN é atualizada uma a uma com base nas situação de alocação de Banda Gerada.

$$x_{i+1}^k = \max_{x^k \in P_k} (x^k, x_i^{-k}) \quad (6)$$

Onde $x_i^{-k} = \{x_i^1, x_i^2, x_i^{k-1}, x_i^{k+1}, \dots, x_i^m\}$

- Após encontrar a melhor resposta para todas VNs, finaliza-se a interações e a alocação de banda pode ser atualizada para $State_{i+1}$. Finalmente conseguiu-se o estado convergente o qual é o resultado esperado do modelo.

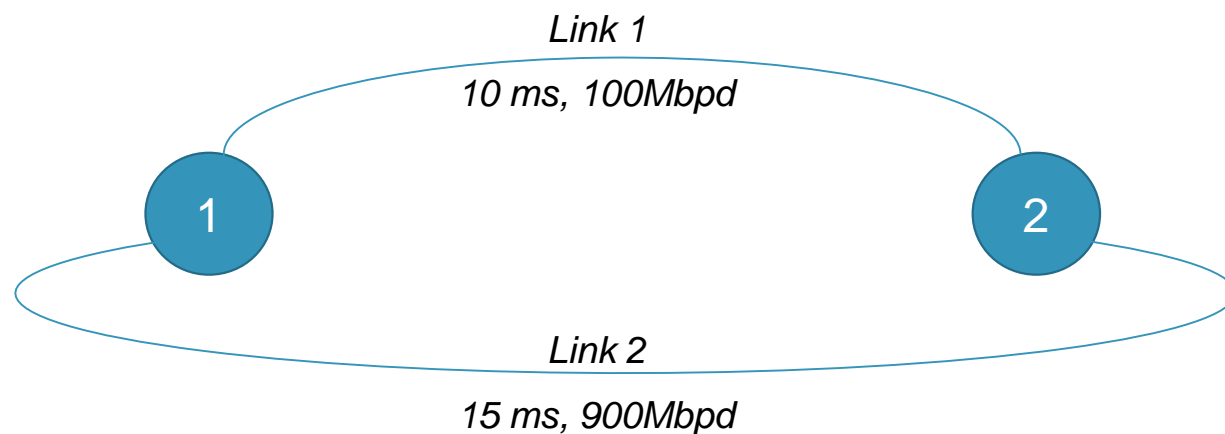


- Motivação
- Breve Historico “*Software Defined Network*”
- Introdução
- Modelo do Sistema
- **Alocação dos Recursos** ←
- Estudo da performance
- Conclusão.



Alocação dos Recursos

- Baseado no algoritmo apresentado anteriormente o experimento foi realizado usando-se o ambiente do MATLABe focando na convergencia do Equilibrio de Nash.
- Neste Experimento foi Utilizado a seguinte topologia.



Alocação dos Recursos

- Link 1 – Baixa Banda, pequeno atraso de propagação
- Link 2 – Banda Alta, grande atraso de propagação.
- Topologia Simples: distingue a preferencia de duas classe de trafego
 1. - Sensível ao Atraso.
 2. - Sensível a taxa de transferencia.



Alocação dos Recursos

- Aplica-se duas VNs com diferentes objetivos.
 1. VN1 – usada para um trafego sensível ao atraso.
 2. VN2 – usada para um trafego sensível a taxa de Transferencia

Claramente a VN1 preferirá o link1 e a VN2 o Link2.



Alocação dos Recursos

- VN1 Tentará minimizar a media de atraso fim a fim com a seguinte função:

$$\sum_{j=1}^n z_j^k (l_j + l_0 \exp\left(\frac{z_j^k}{y_j^k}\right)) \quad (7)$$

Onde l_j é o atraso de propagação no link l , $l_0 = 1ms$ é o atraso fixo em cada link, e $l_0 \exp\left(\frac{z_j^k}{y_j^k}\right)$ atraso da fila como função da utilização do link.



Alocação dos Recursos

- A VN2 tenta minimizar

$$\sum_{j=1}^n \log(z_j^k) - q \sum_{j=1}^n \exp\left(\frac{z_j^1}{y_j^1}\right) \quad (7)$$

Onde VN2 maximiza sua Utilizadade como função logaritmica de sua taxa de caminho e $q= 0.5$ mantem o balanço entre sua maxima utilidade e minimo congestionamento.



Alocação dos Recursos

- Define-se a função utilidade de ambas as VNs a seguir:

$$U_1(y^1, z^1) = - \sum_{j=1}^2 z_j^1 (l_j + l_0 \exp(\frac{z_j^1}{y_j^1})) \quad (9)$$

$$U_2(y^2, z^2) = \sum_{j=1}^2 \log(z_j^2) - q \sum_{j=1}^2 \exp(\frac{z_j^2}{y_j^2}) \quad (10)$$

- Como : $U_1(y^1, z^1)$ e $U_2(y^2, z^2)$ são funções Convexas, de acordo com o Teorema 1, o **Equilíbrio de Nash Existe**.



- Motivação
- Breve Historico “*Software Defined Network*”
- Introdução
- Modelo do Sistema
- Alocação dos Recursos
- Estudo da performance ←
- Conclusão.



Estudo da Performance

A Experiencia 1:

Parametros:

1. Assumiu-se 600Mbps para cada VN como capacidade maxima
2. Capacidade final de banda para cada VN é de 500Mbps no link fisico.
3. Capacidade do link fisico é de 1000Mbps.
4. Configurou-se inicialmente $\beta_1=1$ e $\beta_2= 0,8$ implicando que o Link1 é mais importante.
5. Configurou-se o fator de preço para as VN1 e VN2 como $w^1 =\{1,10\}$ e $w^2 =\{10,1\}$
6. Usou-se o Algoritmo para demonstrar a convergencia do Equilibrio de Nash.

Variável	Descrição.
n	Indice dos links fisicos
m	Indice das VNs
c_l	Capacidade de banda no link "l"
p_l	Preço da Banda no link fisico " l "
β_l	Preco do congestionamento do linkFisco "l"
x^k	Banda alocada e taxa do Caminho da VN k
y_l^k	Banda designada para a VN k no link fisico
z_l^k	Taxa do Caminho da VN k no Link fisico.
w_l^k	Fator de prestificação da VN k no Link fisico.

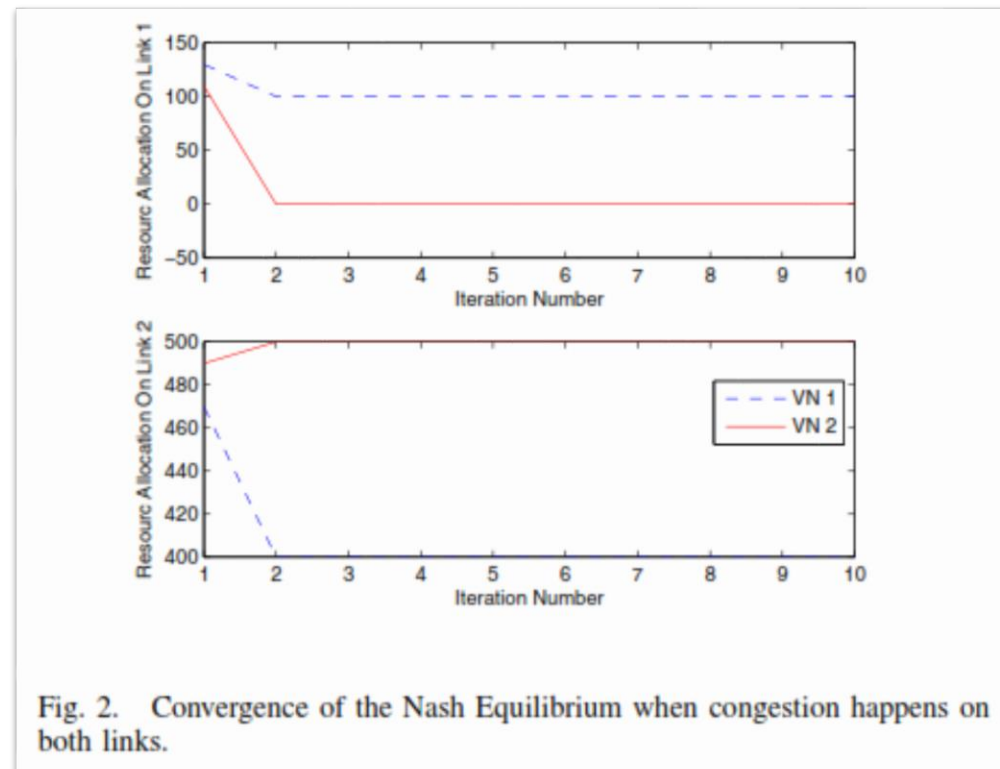


Estudo da Performance

A Experiencia 1:

Os Resultados:

- Quando o congestionamento acontece em ambos links
 - VN1 inicialmente com 130Mbps no link1 e 470Mbps no link2
 - VN2 inicialmente com 110Mbps no link1 e 490Mbps no link2



Estudo da Performance

Os Resultados:

- Depois de uma interação:
 1. - VN1 é alocada com toda banda do link1 e 420Mbps no link2
 2. - VN2 fica com 500Mbps no link 2
- Isto se dá devido a grande diferença entre o fator de priorização e propriedades de atraso dos dois links.
- A convergência do Equilíbrio de Nash é demonstrada e o Algoritmo encontrou este ponto de Equilíbrio



Estudo da Performance

A Experiencia 2:

Os Resultados:

- VN1 inicialmente com 30Mbps
- VN2 inicialmente com 90Mbps

Novamente o algoritmo encontra o equilibrio e confirma o fato de Haver um Equilibrio de **Nash independente do valor inicial**

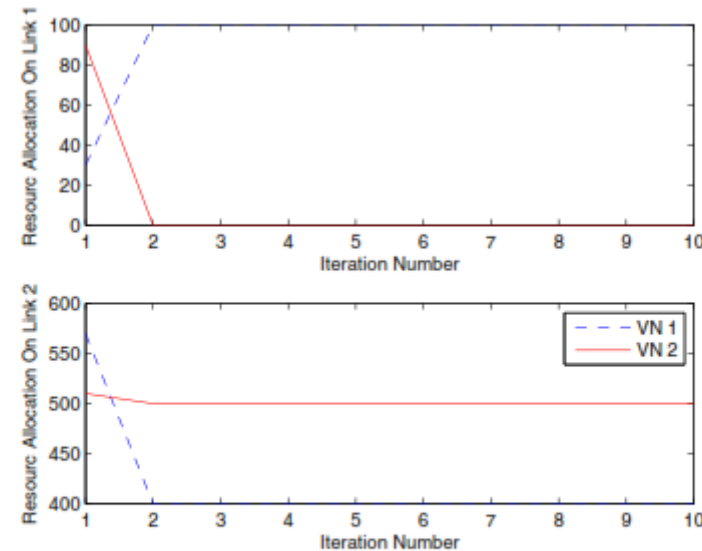


Fig. 3. Convergence of the Nash Equilibrium when congestion happens only on the second link.



- Motivação
- Breve Historico “*Software Defined Network*”
- Introdução
- Modelo do Sistema
- Alocação dos Recursos
- Estudo da performance
- **Conclusão.** ←



Conclusão

Foram introduzidos a Teoria dos jogos para análise de interações complexas entre InPs e SPs, focando um comportamento eficiente através de múltiplas VNs.

Neste modelo um InPs e múltiplas SPs alcançam uma eficiente alocação de banda dentro do conceito de jogos não cooperativos.

Propôs-se um algoritmo para resolver tais modelos e demonstrar a convergência e eficiência provados em experimentos, onde encontrou-se o Equilíbrio de Nash nas interações de Redes Virtuais.

No futuro focar em Modelos com múltiplos InPs e SPs



Bibliografia

- Nisan, N., Roughgarden, T., Tardos, E., & Vazirani, V. V. (Eds.). (2007). *Algorithmic game theory* (Vol. 1). Cambridge: Cambridge University Press.
- Casado, M., Erickson, D., Ganichev, I. A., Griffith, R., Heller, B., Mckeown, N., Moon, D., Koponen, T., Shenker, S., and Zarifis, K. (2010a). Ripcord: A modular platform for data center networking. EECS Department Technical Report UCB/EECS-2010-93, University of California, Berkeley.
- Chowdhury, N. M. "Identity management and resource allocation in the network virtualization environment." (2009).
- Bauso, Dario. "Game theory: models, numerical methods and applications." *Foundations and Trends® in Systems and Control* 1.4 (2014): 379-522.
- Tutschku, K., Zinner, T., Nakao, A., & Tran-Gia, P. (2009). Network virtualization: Implementation steps towards the future internet. *Electronic Communications of the EASST*, 17, 1-14.
- Anderson, T., Peterson, L., Shenker, S., & Turner, J. (2005). Overcoming the Internet impasse through virtualization. *Computer*, 38(4), 34-41.
- Turner, J. S., & Taylor, D. E. (2005, December). Diversifying the internet. In *Global Telecommunications Conference, 2005. GLOBECOM'05. IEEE* (Vol. 2, pp. 6-pp). IEEE.
- Feamster, N., Gao, L., & Rexford, J. (2007). How to lease the Internet in your spare time. *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, 37(1), 61-64.
- Botero, J. F., & Hesselbach, X. (2009, September). The bottlenecked virtual network problem in bandwidth allocation for network virtualization. In *Communications, 2009. LATINCOM'09. IEEE Latin-American Conference on* (pp. 1-5). IEEE.
- Marquezan, C. C., Nobre, J. C., Granville, L. Z., Nunzi, G., Dudkowski, D., & Brunner, M. (2009, June). Distributed reallocation scheme for virtual network resources. In *Communications, 2009. ICC'09. IEEE International Conference on* (pp. 1-5). IEEE.



감사합니다 Natick

Grazie

Danke Ευχαριστίες Dalu

Thank You

Köszönöm

Tack

Спасибо Dank

Gracias

谢谢

Merci

Seé

ありがとう

Obrigado

