

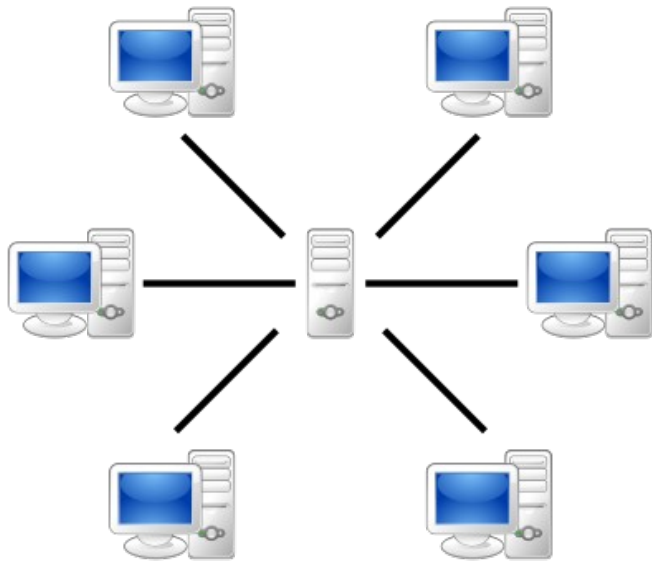
Incentives in Peer-to-Peer Systems

Principais problemas em redes p2p e possíveis soluções usando incentivos

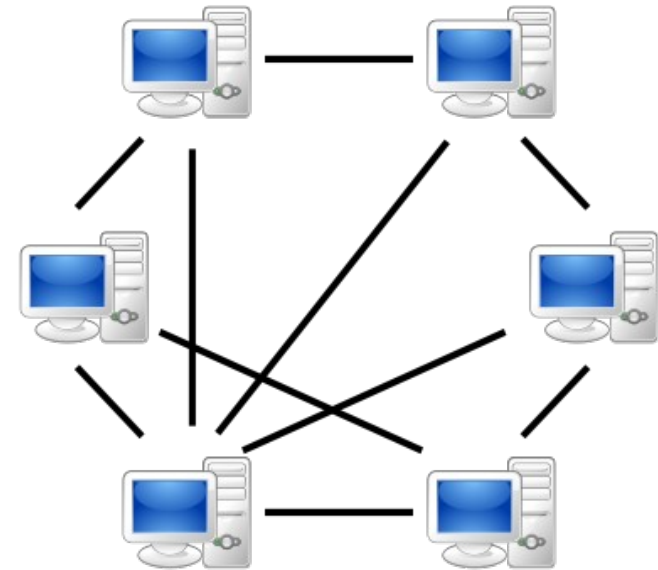
Guilherme Otranto
Cap. 23 - AGT

- ▶ Introdução
- ▶ Principais problemas e formas de incentivo
- ▶ O jogo p2p simples e análise de cooperação
- ▶ Sistemas de incentivo
 - ▶ Reputação
 - ▶ Troca
- ▶ Problema das ações não observáveis
 - ▶ Técnicas de incentivo em ambiente com ações ocultas

- ▶ p2p: Arquitetura de rede onde cada nó pode ser tanto um cliente como um servidor.



Arquitetura cliente-servidor



Arquitetura peer-to-peer

- ▶ O foco inicial é dado para sistemas de distribuição de arquivos na rede
- ▶ Muitos usuários e anonimidade nessas redes dificulta cooperação:
 - ▶ Transações são entre estranhos que não se encontraram novamente no futuro
 - ▶ Existem ações não observáveis
 - ▶ Criação de novas identidades é um processo barato
 - ▶ Possibilidade de usufruir da rede (download) sem contribuir (upload)

Incentivos em redes p2p – Reciprocidade indireta

- ▶ Reciprocidade indireta é compatível quando usuários não se encontram repetidamente
- ▶ Sistema de moeda
 - ▶ Usuários recebem tokens ao fazer upload que podem ser usados para comprar serviços de outros na rede
 - ▶ Implementado por exemplo pelo Mojonation
- ▶ Sistema de reputação
 - ▶ Usuários tem um ranking de reputação que aumenta conforme eles contribuem com a rede (upload)
 - ▶ Diferenciação de serviço baseado em reputação
- ▶ Problema: Como tratar recém-chegados?

Incentivos em redes p2p – Reciprocidade direta

- ▶ Arquivos são quebrados em diversas partes para incentivar repetidas interações
- ▶ Usuários interessados no mesmo arquivo fazem diversas transições, trocando partes entre si
- ▶ Chamado sistema de trocas, foi adotado pelo sistema BitTorrent

- ▶ Problema: Como incentivar o usuário que terminou de baixar seu arquivo a continuar contribuindo

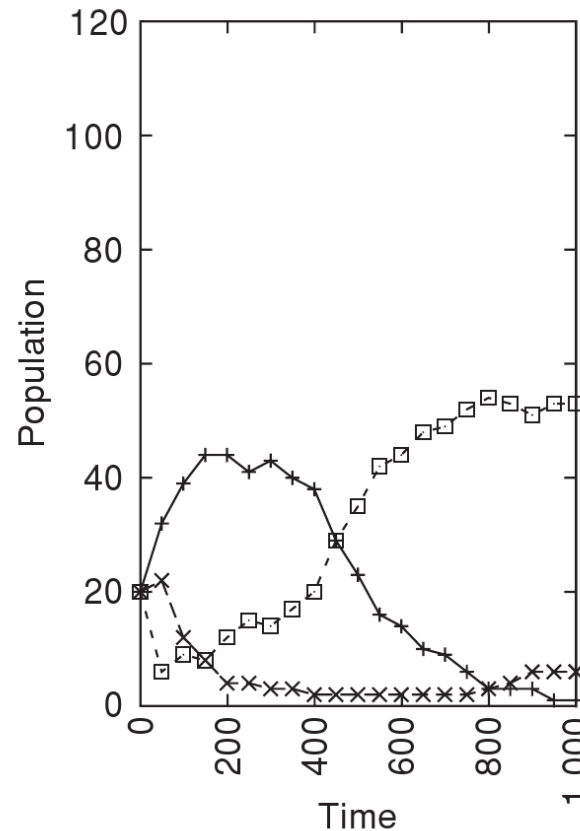
- ▶ Jogadores podem assumir 2 papéis no jogo
 - ▶ Client: deseja fazer download de algum arquivo
 - ▶ Server: recebeu pedido de algum arquivo (pode servir o arquivo com algum custo ou ignorar)
- ▶ Características do dilema do prisioneiro:
 - ▶ Em jogo único, ignorar pedidos é a melhor estratégia
 - ▶ Repetidas iterações podem sustentar reciprocidade
 - ▶ Dois jogadores podem não se encontrar no futuro

Jogo de compartilhamento p2p

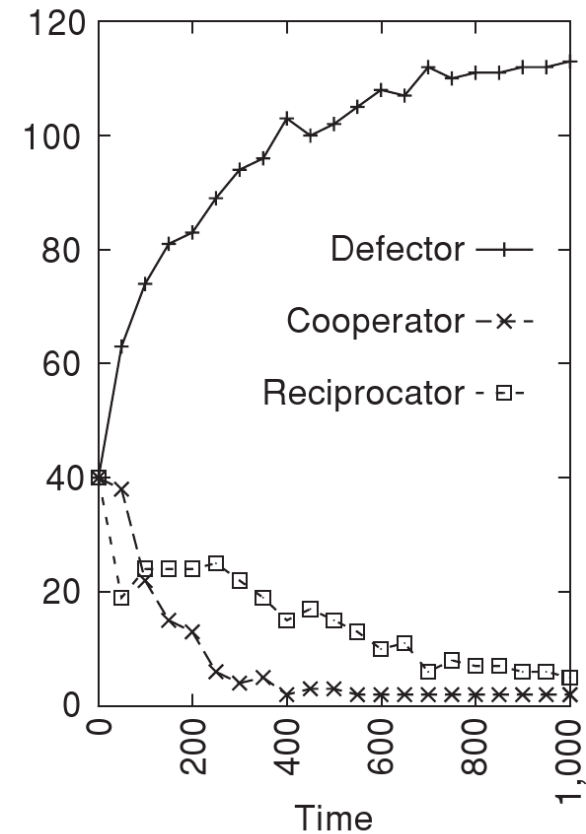
► Análise de 3 estratégias:

- Defector: Sempre ignora pedidos
- Cooperator: Sempre atende pedidos
- Reciprocator: Usa estratégia Tit-for-Tat

(a) Total population: 60



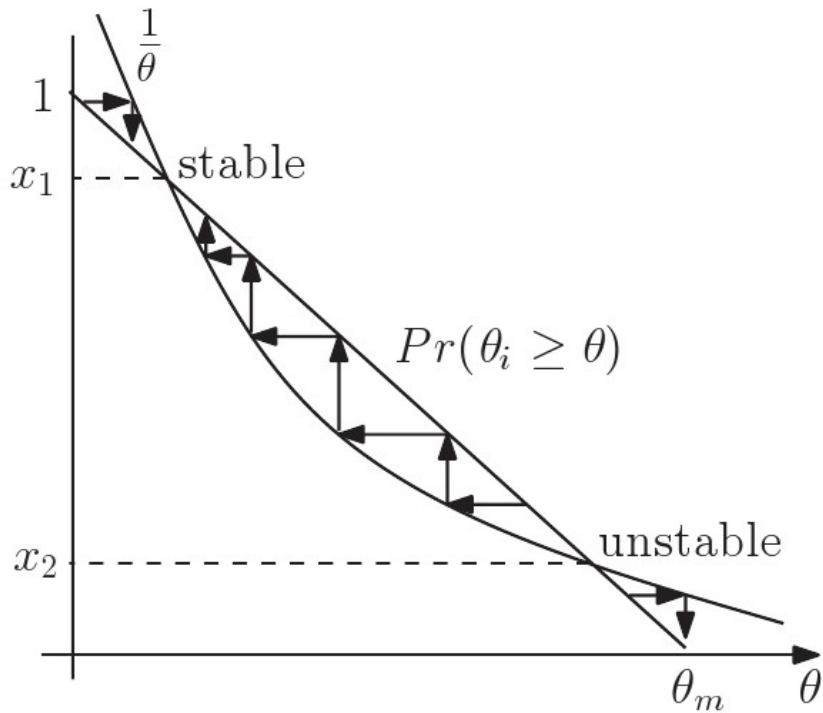
(b) Total population: 120



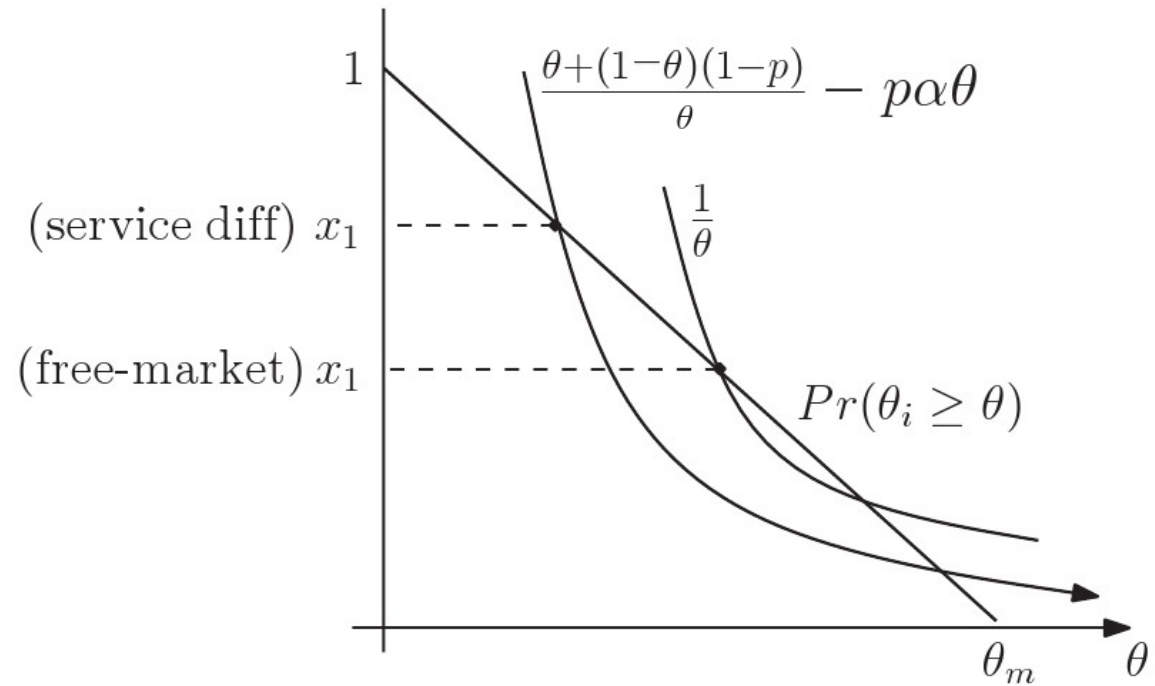
- ▶ Melhor reputação → melhor atendimento
- ▶ Vantagens:
 - ▶ Ajuda a evitar *free-riding* (All download and no upload makes Jack a free-rider)
 - ▶ Identifica usuários maliciosos
 - ▶ Pode ser usado para objetos, evitando poluição da rede
- ▶ Desvantagens:
 - ▶ Sybil attack: Usuário cria diversas identidades que conspiram entre si
 - ▶ Whitewashing attack: Usuário cria novas identidades para escapar punição de reputação ruim

- ▶ Usado para estudar sistema de reputação
- ▶ Cada usuário i tem um tipo θ_i
 - ▶ Representa custo máximo que i está disposto a pagar
- ▶ Para x usuários contribuindo, o custo será $1/x$
- ▶ Decisão racional de i :
 - Contribuir se $\theta_i > 1/x$
 - Não contribuir caso contrário

Resultados sem e com incentivo:



(a) Free market



(b) Service differentiation

- ▶ O ganho dos jogadores é proporcional ao nível de contribuição do sistema – x
- ▶ Seja o ganho αx para algum $\alpha \geq 1$
- ▶ Considere o sistema que detecta free-riders com probabilidade p e os remove da rede:
 - ▶ Diminui o ganho esperado dos free-riders
 - ▶ Diminui a carga do sistema
 - ▶ Adiciona incentivo de contribuir aos usuários

- ▶ Baseia-se em reciprocidade direta
- ▶ Aumenta número de repetições quebrando arquivos em diversos pedaços
- ▶ Taxa de download de pedaços é influenciada pela taxa de upload de outros pedaços

- ▶ Na prática funciona bem, vulnerabilidades teóricas:
 - ▶ Mentir sobre taxa de upload (ainda mantendo ordem relativa)
 - ▶ Upload de lixo para melhorar sua taxa de download
 - ▶ Sybil & whitewashing

Ações não observáveis (Hidden Actions)

- ▶ Além de compartilhar arquivos, usuários devem transmitir mensagens pela rede.
- ▶ Pode-se decidir não mandar mensagens para economizar o custo de envio
- ▶ Como incentivar nós da rede para que eles transmitam sua mensagem?

- ▶ Outras redes p2p com esse tipo de problema:
 - ▶ MANETs (mobile AdHoc networks)
 - ▶ ISPs (internet service providers) – *Hot potato routing*

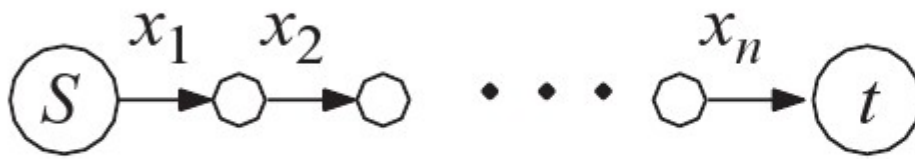
Modelo Gerente-Agente (*Principal-Agent*)

- ▶ Um gerente emprega n agentes.
- ▶ Cada agente $i \in N$ tem ações $A_i = \{0, 1\}$
- ▶ O custo de fazer esforço é c e de não fazer é 0:
$$c(0) = 0 \quad c(1) = c$$
- ▶ As ações determinam um contrato que pode ser bem sucedido ou falhar: $o \in \{0, 1\}$
- ▶ O sucesso gera um ganho $v > 0$ para o gerente
- ▶ A probabilidade de sucesso, dadas as ações é:

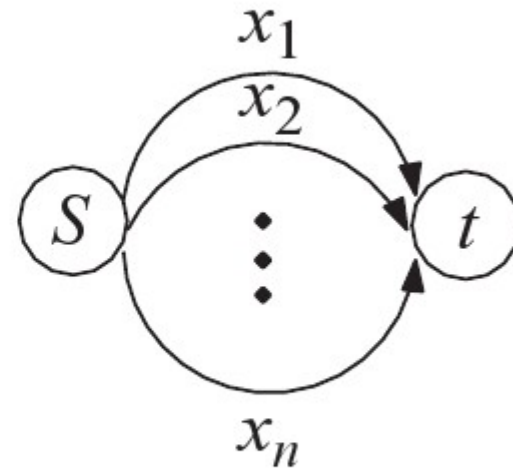
$$t : A_1 \times \cdots \times A_n \rightarrow [0, 1]$$

- ▶ Considere redes de leitura única (*read-once networks*)
- ▶ Probabilidade de um agente conseguir transmitir
 - ▶ Se ele se esforça $1 - \gamma \in (\frac{1}{2}, 1)$
 - ▶ Se ele não se esforça $\gamma \in (0, \frac{1}{2})$
- ▶ Redes AND – Sucesso se todos os agentes conseguem transmitir
- ▶ Redes OR – Sucesso se ao menos um agente consegue transmitir

► Interpretação gráfica das redes AND e OR



(a) AND technology



(b) OR technology

▶ Se m dos n agentes contribuem, a probabilidade de sucesso pode ser calculada para cada rede:

▶ AND: $t(a) = \gamma^{n-m}(1 - \gamma)^m$

▶ OR: $t(a) = 1 - \gamma^m(1 - \gamma)^{n-m}$

Incentivos no modelo Gerente-Agente

- ▶ O gerente pode observar apenas o resultado
- ▶ O gerente paga, para cada agente i :
 - ▶ No sucesso p_i
 - ▶ Nada, caso contrário
- ▶ Restrição de *limited liability* – $p_i \geq 0$
- ▶ Utilidade de cada agente é:

$$u_i(a) = p_i \cdot t(a) - c(a_i)$$

Incentivos no modelo Gerente-Agente

- ▶ O gerente deseja determinar todos os valores p_i maximizando sua utilidade:

$$u(a, v) = t(a) \cdot (v - \sum_{i \in N} p_i)$$

- ▶ Tudo isso enquanto mantendo as ações a_1, \dots, a_n em equilíbrio de Nash
- ▶ Da definição de γ temos que:

$$\forall i \in N, \forall a_{-i} \in A_{-i} \quad t(1, a_{-i}) > t(0, a_{-i})$$

$$t(a) > 0, \forall a \in A$$

Incentivos no modelo Gerente-Agente

- ▶ Podemos definir a contribuição marginal de um agente por:

$$\Delta_i(a_{-i}) = t(1, a_{-i}) - t(0, a_{-i})$$

- ▶ Portanto, a estratégia de um agente racional é:

$$a_i = 1 \quad \text{se} \quad p_i \geq \frac{c}{\Delta_i(a_{-i})}$$

$$a_i = 0 \quad \text{se} \quad p_i \leq \frac{c}{\Delta_i(a_{-i})}$$

Incentivos no modelo Gerente-Agente

- ▶ Um gerente pode tentar criar o seguinte contrato:

$$p_i = \frac{c}{\Delta_i(a_{-i})} \quad \text{para agentes que contribuem}$$

$$p_i = 0 \quad \text{para agentes que não contribuem}$$

- ▶ Gerando um equilíbrio com utilidade esperada:

$$u(a, v) = \left(v - \sum_{i|a_i=1} \frac{c}{\Delta_i(a_{-i})} \right) \cdot t(a)$$

Incentivos no modelo Gerente-Agente

- ▶ O objetivo do gerente portanto é selecionar o melhor equilíbrio, ou seja:

Escolher $a^* \in A$ tal que $u(a^*, v)$ seja máximo.

- ▶ Note que a utilidade esperada é menor do que no caso de ações observáveis, pois o gerente precisa pagar mais do que o custo de cada agente.

$$u(a, v) = \left(v - \sum_{i|a_i=1} \frac{c}{\Delta_i(a_{-i})} \right) \cdot t(a)$$

Preço da não-culpabilidade (*Price of Unaccountability*)

- ▶ Seja $S^*(v)$ o contrato ótimo no caso de ações não observáveis – $S^*(v) = \{i | a_i^* = 1\}$
- ▶ E seja $S_{oa}^*(v)$ o contrato ótimo quando ações são observáveis
- ▶ Podemos calcular o POU como a pior razão (variando v) entre essas utilidades:

$$POU(t) = \sup_{v>0} \frac{t(S_{oa}^*(v)) \cdot v - \sum_{i \in S_{oa}^*(v)} c}{t(S^*(v)) \left(v - \sum_{i \in S^*(v)} \frac{c}{t(S^*(v)) - t(S^*(v) \setminus \{i\})} \right)}$$