

# Computação Autônoma em Redes de Computadores

Luciano Jerez Chaves

Universidade Estadual de Campinas

4 de março de 2009

# Conteúdo

## 1 Introdução

- A Tecnologia da Informação nos dias atuais
- Perspectivas para o futuro

## 2 Computação autônoma

- Solução e benefícios
- Implantação e cenários
- Considerações de projeto
- Considerações de arquitetura

## 3 Redes autônomas

- Monitoramento
- Políticas
- Teoria de controle
- Auto-configuração e auto-organização
- Descentralização

## 4 Pesquisa e mercado

- Focos de pesquisa e interesse de mercado
- Desafios

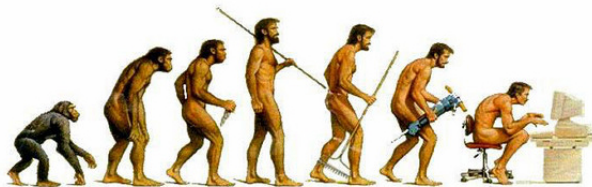
## 5 Conclusão

# Em que mundo vivemos?

A proliferação de dispositivos computacionais tem crescido exponencialmente nas últimas duas décadas

- Este fenômeno intensificou com o advento da internet
- Nova era de acessibilidade
  - pessoas
  - sistemas
  - informação

# Evoluir por que?



# Evoluir por que?

- Os fabricantes continuam criando sistemas computacionais incrivelmente poderosos
- O objetivo é tornar indivíduos e empresas mais produtivos, **automatizando as tarefas fundamentais**

# Evoluir por que?

- Os fabricantes continuam criando sistemas computacionais incrivelmente poderosos
- O objetivo é tornar indivíduos e empresas mais produtivos, **automatizando as tarefas fundamentais**

## Por que?

*"Civilization advances by extending the number of important operations which we can perform without thinking about them."*

*Alfred North Whitehead*

# Perspectivas para o futuro

No mundo da computação:

- Arquiteturas altamente sofisticadas
- Sistemas complexos gerenciados por softwares
- Milhares de linhas de código escritas por inúmeros programadores em qualquer lugar
- Internet: integrar *hardware* e *software* diversos

# Perspectivas para o futuro

- A indústria da tecnologia da informação gosta de mostrar que é possível construir o impossível
- Entretanto, estamos diante de um problema que atinge o núcleo do sucesso destas empresas



# Perspectivas para o futuro

- A indústria da tecnologia da informação gosta de mostrar que é possível construir o impossível
- Entretanto, estamos diante de um problema que atinge o núcleo do sucesso destas empresas
- O obstáculo é a complexidade
- Próximo grande desafio

# Quem controla tudo isso?

- Até agora temos apoiado basicamente na intervenção e administração humana para gerenciar esta complexidade
- Alguns problemas eminentes
  - Falta de mão de obra qualificada
  - Complexidade além da capacidade humana de gerenciá-la

# Quem controla tudo isso?

- Até agora temos apoiado basicamente na intervenção e administração humana para gerenciar esta complexidade
- Alguns problemas eminentes
  - Falta de mão de obra qualificada
  - Complexidade além da capacidade humana de gerenciá-la

## Solução?

Paradoxalmente, para tornar as tarefas simples para administradores e usuários precisamos **criar sistemas mais complexos!**

## Como isso é possível?

- Embutindo a complexidade do sistema em sua infra-estrutura e deixando que ele gerencie a si mesmo
- Os usuários não precisam preocupar como o gerenciamento será feito, apenas manifestam seus interesses

## Qual foi a inspiração?



- Funções autonômicas do sistema nervoso central humano

## Qual foi a inspiração?



- Funções autonômicas do sistema nervoso central humano
  - Pupilas ajustando à luz

## Qual foi a inspiração?



- Funções autonômicas do sistema nervoso central humano
  - Pupilas ajustando à luz
  - Lágrimas formando em razão da poeira

## Qual foi a inspiração?



- Funções autonômicas do sistema nervoso central humano
  - Pupilas ajustando à luz
  - Lágrimas formando em razão da poeira
  - Diminuindo o ritmo do coração



## Qual foi a inspiração?



- Funções autonômicas do sistema nervoso central humano
  - Pupilas ajustando à luz
  - Lágrimas formando em razão da poeira
  - Diminuindo o ritmo do coração
  - Ajustando a respiração

## Qual foi a inspiração?



- Funções autonômicas do sistema nervoso central humano
  - Pupilas ajustando à luz
  - Lágrimas formando em razão da poeira
  - Diminuindo o ritmo do coração
  - Ajustando a respiração
  - Digerindo o café da manhã

## Qual foi a inspiração?



- Funções autonômicas do sistema nervoso central humano
  - Pupilas ajustando à luz
  - Lágrimas formando em razão da poeira
  - Diminuindo o ritmo do coração
  - Ajustando a respiração
  - Digerindo o café da manhã
  - Suando para manter a temperatura

## Qual foi a inspiração?



- Funções autonômicas do sistema nervoso central humano
  - Pupilas ajustando à luz
  - Lágrimas formando em razão da poeira
  - Diminuindo o ritmo do coração
  - Ajustando a respiração
  - Digerindo o café da manhã
  - Suando para manter a temperatura
  - Avaliando o açúcar no sangue

## Quem teve essa idéia?

Paul Horn, vice-presidente sênior da IBM, cunhou o termo “Computação Autônoma” em um manifesto sobre a perspectiva da empresa em relação ao estado da Tecnologia da Informação, publicado em 2001



**AUTONOMIC COMPUTING:**

IBM's Perspective on the State of Information Technology

## Mas o que tem de legal?

O corpo humano faz todas essas coisas sem que você tenha que se esforçar para isso

## Mas o que tem de legal?

O corpo humano faz todas essas coisas sem que você tenha que se esforçar para isso

### Implicações para a computação

É possível ter um grupo de componentes “espertos” que nos dão o que queremos, quando queremos, **sem esforço da nossa parte**

# Benefícios

- **Curto prazo**

- Diminuição da dependência humana na configuração e gerenciamento
- Redução de custos na manutenção de sistemas
- Melhor uso dos recursos disponíveis
- Mais estabilidade e confiabilidade

- **Longo prazo**

- Criar sistemas mais úteis, levando o dinheiro economizado para a área de negócios
- Elevar o gerenciamento para uma abordagem fim-a-fim
- Gerar sistemas colaborativos para solução global de problemas



# Benefícios

- Curto prazo
  - Diminuição da dependência humana na configuração e gerenciamento
  - Redução de custos na manutenção de sistemas
  - Melhor uso dos recursos disponíveis
  - Mais estabilidade e confiabilidade
- Longo prazo
  - Criar sistemas mais úteis, levando o dinheiro economizado para a área de negócios
  - Elevar o gerenciamento para uma abordagem fim-a-fim
  - Gerar sistemas colaborativos para solução global de problemas

# Benefícios

- Curto prazo

- Diminuição da dependência humana na configuração e gerenciamento
- Redução de custos na manutenção de sistemas
- Melhor uso dos recursos disponíveis
- Mais estabilidade e confiabilidade

- Longo prazo

- Criar sistemas mais úteis, levando o dinheiro economizado para a área de negócios
- Elevar o gerenciamento para uma abordagem fim-a-fim
- Gerar sistemas colaborativos para solução global de problemas

# Benefícios

- Curto prazo

- Diminuição da dependência humana na configuração e gerenciamento
- Redução de custos na manutenção de sistemas
- Melhor uso dos recursos disponíveis
- Mais estabilidade e confiabilidade

- Longo prazo

- Criar sistemas mais úteis, levando o dinheiro economizado para a área de negócios
- Elevar o gerenciamento para uma abordagem fim-a-fim
- Gerar sistemas colaborativos para solução global de problemas

# Benefícios

- Curto prazo

- Diminuição da dependência humana na configuração e gerenciamento
- Redução de custos na manutenção de sistemas
- Melhor uso dos recursos disponíveis
- Mais estabilidade e confiabilidade

- Longo prazo

- Criar sistemas mais úteis, levando o dinheiro economizado para a área de negócios
- Elevar o gerenciamento para uma abordagem fim-a-fim
- Gerar sistemas colaborativos para solução global de problemas

# Benefícios

- Curto prazo

- Diminuição da dependência humana na configuração e gerenciamento
- Redução de custos na manutenção de sistemas
- Melhor uso dos recursos disponíveis
- Mais estabilidade e confiabilidade

- Longo prazo

- Criar sistemas mais úteis, levando o dinheiro economizado para a área de negócios
- Elevar o gerenciamento para uma abordagem fim-a-fim
- Gerar sistemas colaborativos para solução global de problemas

# Benefícios

- Curto prazo

- Diminuição da dependência humana na configuração e gerenciamento
- Redução de custos na manutenção de sistemas
- Melhor uso dos recursos disponíveis
- Mais estabilidade e confiabilidade

- Longo prazo

- Criar sistemas mais úteis, levando o dinheiro economizado para a área de negócios
- Elevar o gerenciamento para uma abordagem fim-a-fim
- Gerar sistemas colaborativos para solução global de problemas

# Benefícios

- **Curto prazo**

- Diminuição da dependência humana na configuração e gerenciamento
- Redução de custos na manutenção de sistemas
- Melhor uso dos recursos disponíveis
- Mais estabilidade e confiabilidade

- **Longo prazo**

- Criar sistemas mais úteis, levando o dinheiro economizado para a área de negócios
- Elevar o gerenciamento para uma abordagem fim-a-fim
- Gerar sistemas colaborativos para solução global de problemas

## Hora da mudança

Estamos na época certa para essa mudança:

- Dispositivos móveis de acesso como celulares, PDA's, *notebooks*, etc., precisam ser gerenciados e integrados aos tradicionais *desktops* e *mainframes*
- Produtos colocados no mercado também devem oferecer recursos de gerenciamento
- Emergente padronização dos serviços *Web* e a necessidade de integração destes serviços



# A implantação é simples?

Focar simplesmente na automação das partes não é suficiente:

- Gerar autonomia para armazenamento de dados é, com certeza, uma melhoria. Mas não tornar a busca nesses dados um processo autônomo, faz com que existam muitos dados com pouca usabilidade

# A implantação é simples?

Segundo Paul Horn...

“Autonomic computing is thus a ‘holistic’ vision that will enable the whole of computing to deliver much more automation than the sum of its individually selfmanaged parts.”

# A implantação é simples?

- Facilitar o “lado” do usuário faz com que ele utilize mais a tecnologia, gerando avanços
- Deixe as pessoas interagirem com o sistema como se estivessem **interagindo com pessoas**
- Você tem simplesmente que dizer o que quer...

## Exemplo

- Centro médico emergencial



## Exemplo



- Centro médico emergencial
  - Paciente inconsciente

## Exemplo



- Centro médico emergencial
  - Paciente inconsciente
  - Plano de saúde

**Luciano Jerez Chaves**



- # Computação Autônoma em Redes de Computadores

# Exemplo



- Centro médico emergencial
  - Paciente inconsciente
  - Plano de saúde
  - Integração entre diferentes clínicas e hospitais
  - Histórico de prescrições



## Exemplo



- Centro médico emergencial
  - Paciente inconsciente
  - Plano de saúde
  - Integração entre diferentes clínicas e hospitais
  - Histórico de prescrições
  - Simulações de tratamento com DNA

## Exemplo



- Centro médico emergencial
  - Paciente inconsciente
  - Plano de saúde
  - Integração entre diferentes clínicas e hospitais
  - Histórico de prescrições
  - Simulações de tratamento com DNA
  - Informações armazenadas com segurança

# Como projetar um sistema autônomo?

## Definindo um sistema computacional

- Podemos pensar em um conjunto de recursos acoplados para produzir um conjunto específico de funções
- Sistemas menores integram-se aos sistemas maiores

# Como projetar um sistema autônomo?

## Definindo um sistema computacional

- Podemos pensar em um conjunto de recursos acoplados para produzir um conjunto específico de funções
- Sistemas menores integram-se aos sistemas maiores
- O princípio da computação autônoma governa todos esses sistemas mas...

# Como projetar um sistema autônomo?

## Definindo um sistema computacional

- Podemos pensar em um conjunto de recursos acoplados para produzir um conjunto específico de funções
- Sistemas menores integram-se aos sistemas maiores
- O princípio da computação autônoma governa todos esses sistemas mas...
- ... em algum nível eles devem ser capazes de gerenciar seus próprios processos

# Como projetar um sistema autônomo?

Existem oito elementos:

- 1 Auto-conhecimento
- 2 Auto-configuração
- 3 Auto-otimização
- 4 Auto-cura
- 5 Auto-proteção
- 6 Adaptativo
- 7 Não proprietário
- 8 Transparente

# Auto-conhecimento

- Conhecimento de seus componentes:
  - status atual
  - capacidade
  - conexões com outros sistemas
- O que é possível emprestar e pegar emprestado
- O que é possível compartilhar e o que deve ser exclusivo

# Auto-configuração

- Sistemas *Plug-and-Play*:
  - autônomo
  - dinâmico
- Em diferentes ambientes, até mesmo imprevisíveis
- Reconfigurável



# Auto-otimização

- Otimizar o trabalho
- “Ajuste fino” para atingir os objetivos de alto nível
- Necessário para prover computação ubíqua
  - Qualidade de serviço (QoS)
  - Reserva extra de recursos

# Auto-cura

- Descobrir e/ou prever problemas
- Recuperar de eventos que causam o mal funcionamento de alguma parte do sistema
- Já existem mecanismos de cura:
  - Código de verificação de erros
  - Dificuldade em identificar qual o erro e corrigir

# Auto-proteção

- Detectar, identificar e proteger contra vários tipos de ataques para manter a segurança e a integridade do sistema
- Internet contribui para falta de proteção

# Adaptativo

- Descobrir e criar regras para interagir com os vizinhos
- Fornecer e solicitar recursos
- Conhecer o ambiente de execução

## Não proprietário

- Os sistemas podem ser independentes
- O sistema autônomo precisa funcionar em ambientes heterogêneos
- Implementar padrões abertos

# Transparente

- Diminuir o “*gap*” entre os interesses do usuário e a implementação do sistema
- Solução por antecipação
- Usuário não sabe o que acontece

# Níveis de autonomicidade

## 1 - Básico

- Múltiplas fontes de geração de dados no sistema
- Requer equipe de TI grande e altamente hábil

# Níveis de autonomicidade

## 2 - Gerenciado

- Consolidação dos dados através de ferramentas de gerenciamento
- Equipe de TI analisa e toma ações



# Níveis de autonomicidade

## 2 - Gerenciado

- Consolidação dos dados através de ferramentas de gerenciamento
- Equipe de TI analisa e toma ações
- ✓ Maior conhecimento do sistema
- ✓ Melhora a produtividade

# Níveis de autonomicidade

## 3 - Preditivo

- Sistema monitora, correlaciona e recomenda ações
- Equipe de TI aprova e inicia ações

# Níveis de autonomicidade

## 3 - Preditivo

- Sistema monitora, correlaciona e recomenda ações
- Equipe de TI aprova e inicia ações
- ✓ Dependências em grandes habilidades da equipe de TI reduzida
- ✓ Tomada de decisão mais rápida e melhor

# Níveis de autonomicidade

## 4 - Adaptativo

- Sistema monitora, correlaciona e toma ações
- Equipe de TI gerencia performance frente ao acordo do nível de serviço

# Níveis de autonomicidade

## 4 - Adaptativo

- Sistema monitora, correlaciona e toma ações
- Equipe de TI gerencia performance frente ao acordo do nível de serviço
- ✓ Agilidade e elasticidade de TI com mínima interação humana

## Níveis de autonomicidade

### 5 - Autônomo

- Componentes integrados dinamicamente, gerenciados por políticas/regras de negócio
- Equipe de TI foca na capacitação das necessidades do negócio

## Níveis de autonomicidade

### 5 - Autônomo

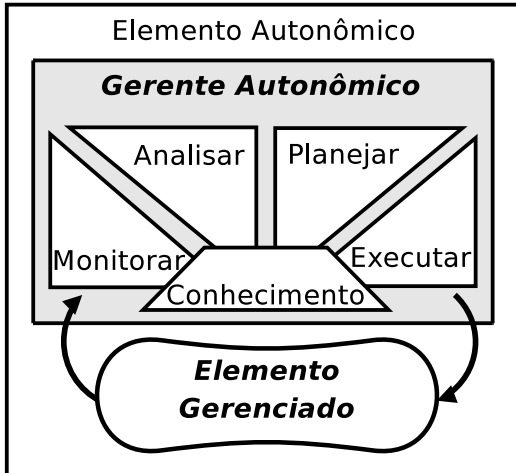
- Componentes integrados dinamicamente, gerenciados por políticas/regras de negócio
- Equipe de TI foca na capacitação das necessidades do negócio
- ✓ Políticas de negócio dirigem o gerenciamento de TI
- ✓ Agilidade e elasticidade do negócio

## Arquitetura de um sistema autônomo

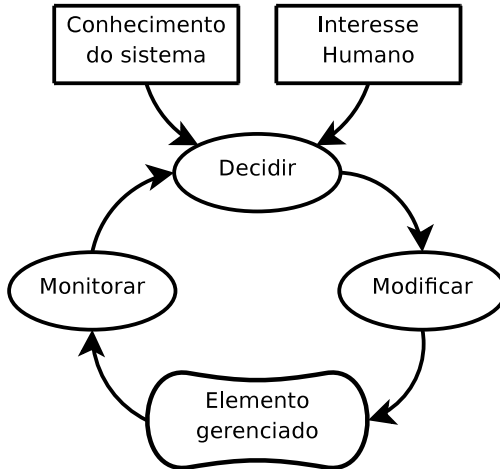
- Um sistema autônomo é composto por um grupo de elementos autônomos
- Elementos autônomos gerenciam seu comportamento interno e seus relacionamentos
- Comportamento baseado em políticas de alto nível definidas pelo usuário
- É preciso uma infra-estrutura distribuída para suporte



## Elemento autônomo

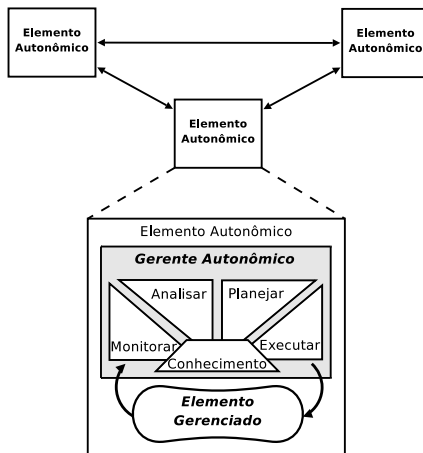


## Ciclo de controle



# E as redes de computadores?

## Vários elementos autônomos



# Monitoramento da rede

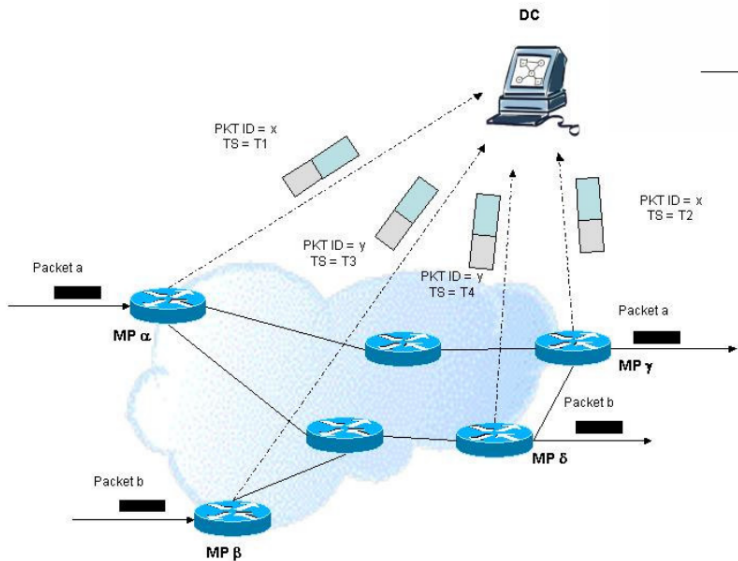
Ferramentas para obter conhecimento acerca do estado da rede  
como entrada para a decisão autônoma

- Perspectiva de observação
  - Único ponto (passivo)
  - Dois pontos (ativo)
  - Conhecimento amplo da rede
- Monitoramento de fluxos

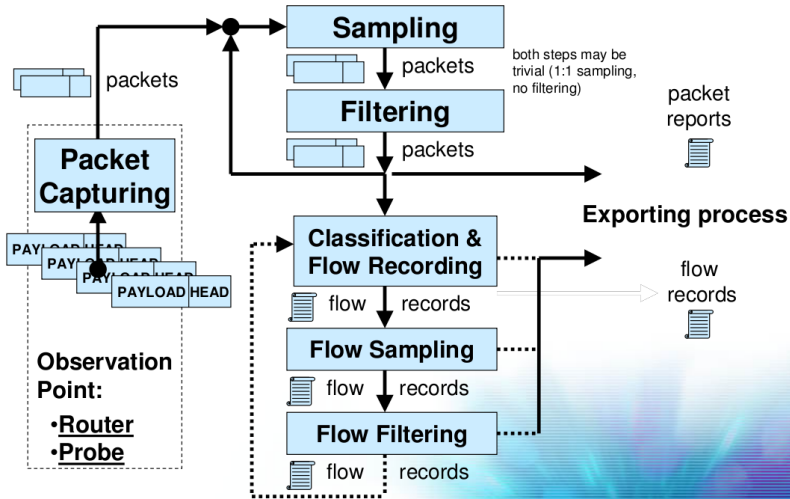
## Ponto único de observação

- Monitoramento passivo
- Contagem de pacotes
- Captura de pacotes
- Monitoramento de fluxos

# Ponto único de observação



# Ponto único de observação

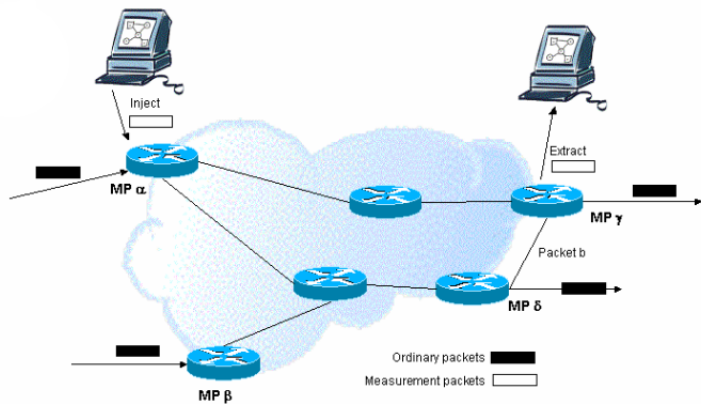




## Dois pontos de observação

- Monitoramento ativo
- Round Trip Time - RTT
- One Way Delay - OWD
- Perda de pacotes
- Gargalo do caminho
- Capacidade disponível no caminho

# Dois pontos de observação



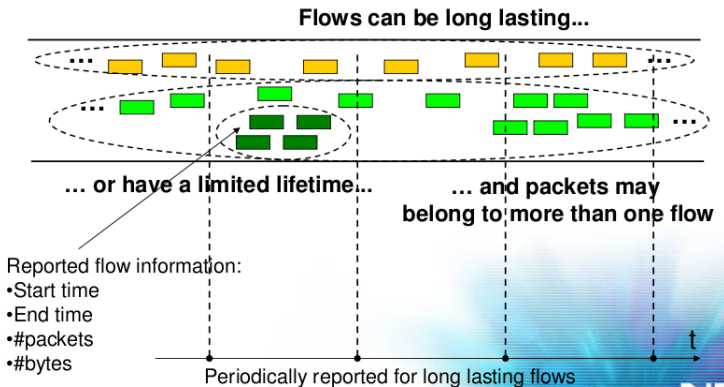
## Conhecimento amplo da rede

- Pós-processamento de algum dos modelos anteriores
- Considera outras informações da rede, como roteamento, topologia, etc.

# Monitoramento de fluxos

- Fluxos são grupos de pacotes de redes compartilhando alguma característica
  - Mesmo IP origem/destino
  - Mesmo TOS (*Type of Service*)
  - Mesmo protocolo

# Monitoramento de fluxos



# Desafios

- Monitoramento de alta velocidade
- Monitoramento inter-domínios

## Gerenciamento baseado em políticas

Controle e gerenciamento da rede levando em consideração políticas no nível do negócio

- Ferramenta para permitir automação das tarefas de gerenciamento especificando regras e restrições
- Refletem o interesse humano

## Visão geral

### Especificação baseada em regras

[EM evento] SE condição/filtro ENTÃO ação

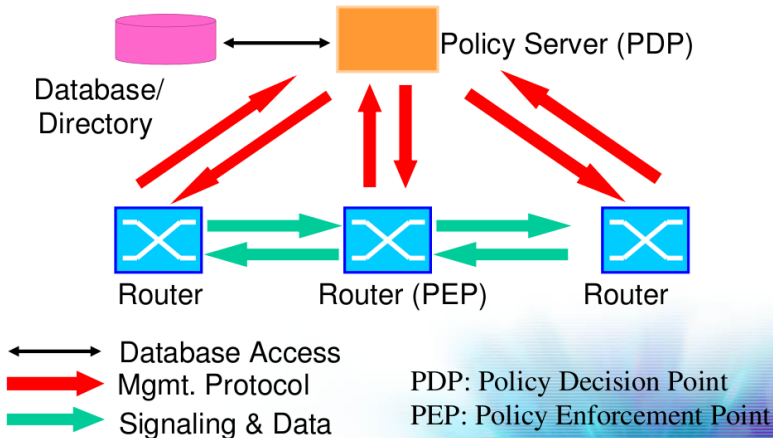
- Gerenciamento de configuração
  - SE srcIPAddr = 1.2.3.4 E destIPAddr = 5.6.7.8  
ENTÃO marque com DSCP EF
- Controle de comportamento
  - SE usuário = Marcus ENTÃO negar acesso



# Motivação

- Automação das tarefas
- Suporte de alto nível no gerenciamento e operação das redes
- Configuração consistente de todos os elementos

## Gerenciamento baseado em políticas



# Padronização

**SNMPconf** Gerenciamento de configuração com SNMP

- Policy Based Management MIB

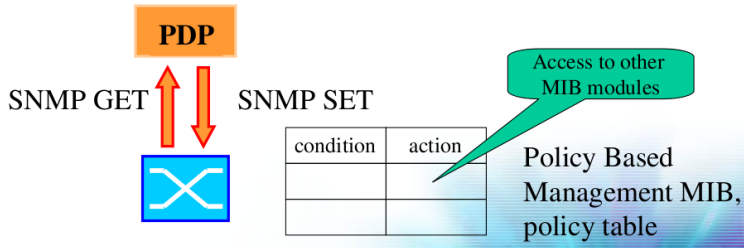
**RAP** *Resource Allocation Protocol*

- COPS para RSVP, COPS-PR, etc.

# SNMPconf

- Utiliza o SNMP para a comunicação entre PDP e PEP
- Atua nas MIBs dos agentes SNMP para armazenamento e execução

# SNMPconf



# COPS

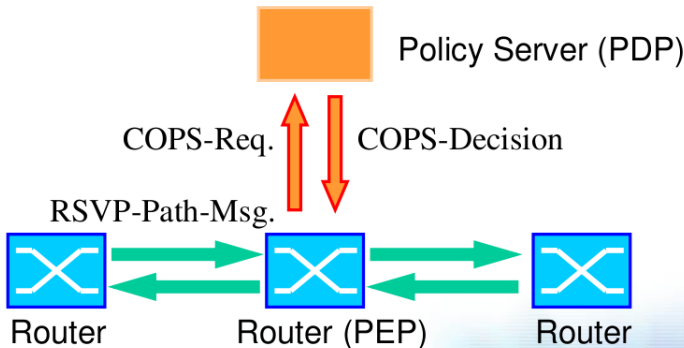
- *Common Open Policy Service*
- Comunicação entre PDP e PEP utiliza TCP
- PEP inicia a conexão

# COPS

Dois modelos:

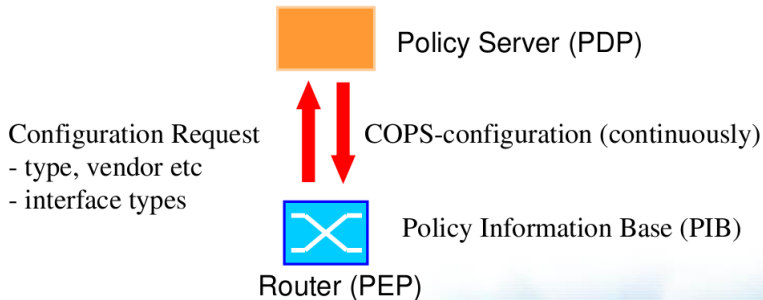
- ① *outsourcing* (Ex. COPS para RSVP - *ReSerVation Protocol*)
  - modelo requisição - resposta
  - PEP delega responsabilidade para o PDP
- ② *configuration* (Ex. COPS-PR - *Provisioning*)
  - Modelo pró-ativo
  - Requisições descrevem a capacidade do elemento
  - Respostas contém informações de políticas relevantes

## COPS para RSVP - *ReSerVation Protocol*





## COPS-PR - *Provisioning*



# Desafios

- Detecção e resolução de conflitos
- Modificar modelo baseado em regras para um modelo mas agradável
  - **FACA** alguma coisa
  - **OTIMIZE** alguma métrica

# Teoria de controle

Planejamento e tomada de decisão em função das entradas dos sistemas dinâmicos

- Abordagem sistemática para análise e projeto
- Predição de resposta do sistema para alguma entrada
- Exemplos:
  - Ajuste da janela TCP com base no *feedback* da rede

# Propriedades

- Estabilidade
- Acurácia
- Tempo de resposta pequeno
- Mudanças rápidas

# Desafios

- Só funciona bem para pequeno número de variáveis
- Complexo de compreender e implementar

# Auto-configuração e auto-organização

Instalação, configuração e otimização do sistema sem direta  
intervenção humana

## Tecnologias existentes

- DHCP - *Dynamic Host Configuration Protocol*
  - Somente atua em *hosts*
  - Precisa de configuração manual do servidor
  - Não é integrada com o resto do sistema (Ex. DNS)
  - Precisa de infra-estrutura do servidor

# Tecnologias existentes

- IPv6 autoconf
  - Atua somente no endereço IP
- Protocolos de roteamento
  - Indentifica automaticamente as rotas pela rede
  - Configura tabela de repasse dos roteadores
  - Completamente distribuido e executa nos elementos da rede



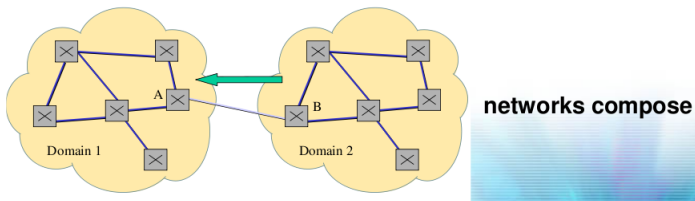
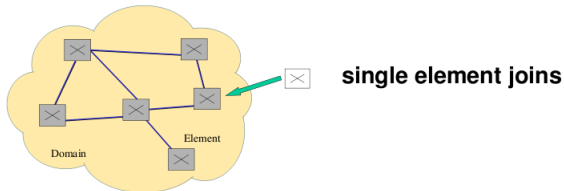
## Tecnologias existentes

- Engenharia de tráfego
  - Otimização tipicamente centralizada
- P2P / *Overlay network systems*
  - Organizam-se em estruturas de redes
  - São tipicamente auto-configuráveis

## Ainda não está resolvido...

- Múltiplos dispositivos por usuário
- Cada dispositivo possui várias interfaces de redes
- Esses dispositivos são de alta mobilidade
- Computação ubíqua envolve usuários sem conhecimentos técnico

# Auto-configuração em redes



## Desafios

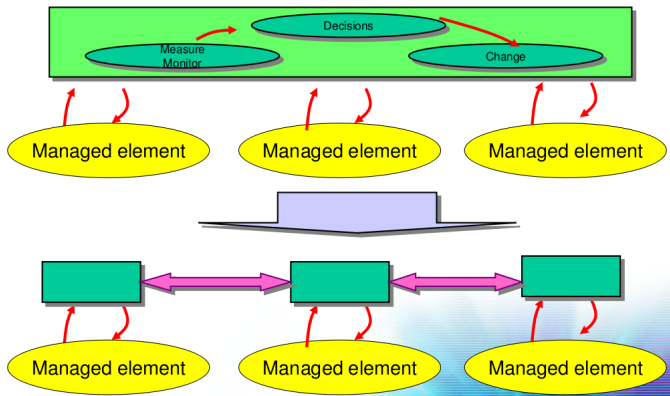
- Não somente *hosts*, mas também roteadores, estações-base e outros equipamentos precisam ser configurados
- Redes inteiras podem se compor ou decompor
- Elementos de redes entram e saem dinamicamente da rede

# Descentralização

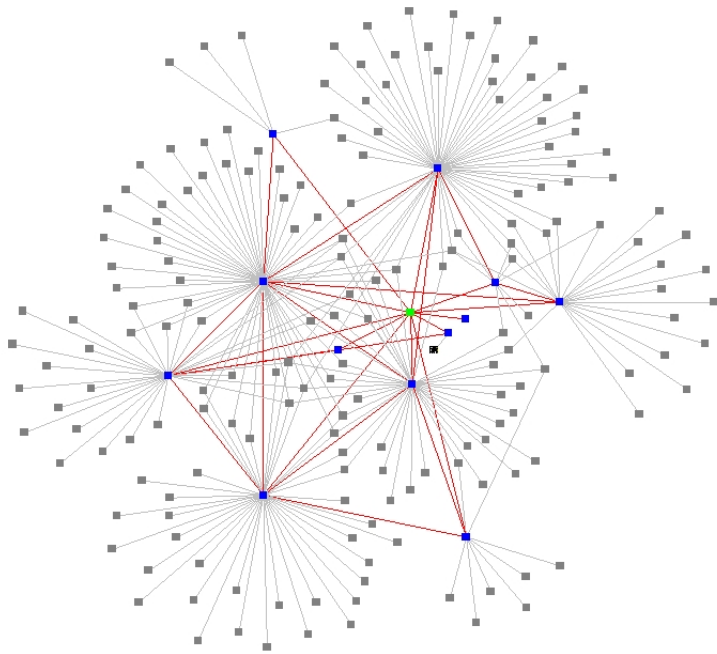
Construção de sistemas sem elementos centralizadores, que permitem escalabilidade e confiabilidade

- É necessário para a auto-configuração dos elementos
- Várias estruturas possíveis

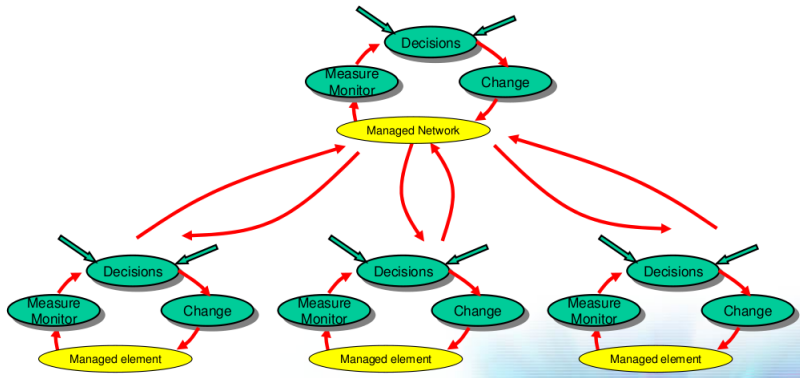
## Estrutura hierárquica



# Estrutura hierárquica



# Estrutura distribuída





## Tecnologias existentes

- Protocolos de roteamento
  - Completamente distribuído OSPF/RIP/...
  - ...já foi centralizado

# Desafios

- Executar funcionalidades de gerenciamento no elemento da rede
  - Reduz flexibilidade para mudança nos algoritmos
  - Conhecimento avançado sobre cada elemento

# Desafios

- Executar funcionalidades de gerenciamento no elemento da rede
  - Reduz flexibilidade para mudança nos algoritmos
  - Conhecimento avançado sobre cada elemento
- Algoritmos distribuídos são difíceis
  - Corretude na especificação e implementação
  - Devem ser robusto contra diversas falhas

# Computação autônoma tem futuro?

# Pesquisa

A realização da computação autônoma vai necessitar de energia e recursos dos pesquisadores e laboratórios em todo o planeta

## Projetos de pesquisa da IBM

### LEO DB2's Learning Optimizer

correção automática de erros em otimização de *queries*

### ST Storage Tank

sistema de arquivos para compartilhamento de dados heterogêneos baseados em políticas e altamente escalável

## Instituições de ensino e pesquisa

### Berkeley **OceanStore**

Mecanismo de armazenamento de dados global capaz de atender à bilhões de usuários

### **Recovery-Oriented Computing**

Recuperação de falhas em sistemas que rodam na internet

### Carnegie **Self-securing Storage**

Proteção de dados baseado em histórico de utilização

## Instituições de ensino e pesquisa

### Columbia **Autonomizing Legacy Systems**

Permiti melhorias nos sistemas legados

### Cornell **Astrolabe**

Opera criando um banco de dados herárquico virtual global para armazenamento de dados

### Georgia **Qfabric**

Integração entre aplicação e gerenciamento de recursos para provisão de QoS



## Conferências

- 2004 IEEE International Conference on Autonomic Computing
- 2005 International Conference on Autonomic and Autonomous Systems
- 2006 International Workshop on Distributed Autonomous Network Management Systems  
International Workshop on Self-Organizing Systems
- 2007 International Conference on Autonomic Computing and Communication Systems  
International Conference on Self-adaptive and Self-organizing Systems  
International Conference on Complex Distributed Systems

## Interesse de mercado

Redução de custo e incremento da qualidade dos sistemas através da automação.

# O grande desafio

É necessário juntar conhecimento de múltiplas áreas técnicas e científicas, assim como empresas e instituições que enxergam a urgência e o propósito deste paradigma

# O grande desafio

No nível conceitual, a maneira como definimos e projetamos sistemas computacionais precisa mudar:

- Mudança no paradigma de um modelo baseado em poder computacional para um voltado aos dados
- Mudança na análise de performance da velocidade do processador para o tempo de resposta
- Computadores individuais ficarão menos importantes do que o sistema

## O grande desafio

As funcionalidades dos componentes individuais irão mudar e devem incluir:

- Armazenamento escalável e poder de processamento para acomodar as mudanças necessárias
- Transparência no transporte e compreensão de dados entre dispositivos distintos
- Funções de monitoramento de redes confiáveis
- Construção de processadores “espertos” capazes de detectar erros e antecipar falhas

## Conclusão

- Computação autônoma visa sistemas computacionais auto-gerenciáveis, baseado em políticas de alto nível definidas por administradores e no conhecimento adquirido ao longo do tempo

## Conclusão

- Computação autônoma visa sistemas computacionais auto-gerenciáveis, baseado em políticas de alto nível definidas por administradores e no conhecimento adquirido ao longo do tempo
- Envolve uma mudança no modo de projetar os sistemas computacionais

## Conclusão

- Computação autônoma visa sistemas computacionais auto-gerenciáveis, baseado em políticas de alto nível definidas por administradores e no conhecimento adquirido ao longo do tempo
- Envolve uma mudança no modo de projetar os sistemas computacionais
- As redes de computadores são cenários onde a computação autônoma pode ser facilmente aplicada, principalmente pelo crescimento resultante da internet



## Conclusão

- Computação autônoma visa sistemas computacionais auto-gerenciáveis, baseado em políticas de alto nível definidas por administradores e no conhecimento adquirido ao longo do tempo
- Envolve uma mudança no modo de projetar os sistemas computacionais
- As redes de computadores são cenários onde a computação autônoma pode ser facilmente aplicada, principalmente pelo crescimento resultante da internet
- Os sistemas verdadeiramente autônomos estão distantes, entretanto, funcionalidades autônomas estarão presente em um futuro bem próximo

## Conclusão

- Computação autônoma visa sistemas computacionais auto-gerenciáveis, baseado em políticas de alto nível definidas por administradores e no conhecimento adquirido ao longo do tempo
- Envolve uma mudança no modo de projetar os sistemas computacionais
- As redes de computadores são cenários onde a computação autônoma pode ser facilmente aplicada, principalmente pelo crescimento resultante da internet
- Os sistemas verdadeiramente autônomos estão distantes, entretanto, funcionalidades autônomas estarão presente em um futuro bem próximo
- É uma solução promissora, e é foco de pesquisa de várias universidades e empresas, principalmente a IBM

## Referências

- P. Horn. Autonomic computing: IBM's Perspective on the State of Information Technology, Oct 2001. Also known as IBM's Autonomic Computing Manifesto. Available [http://www.research.ibm.com/autonomic/manifesto/autonomic\\_computing.pdf](http://www.research.ibm.com/autonomic/manifesto/autonomic_computing.pdf)
- R. Sterritt; M. Parashar; H. Tianfield; e R. Unland. A Concise Introduction to Autonomic Computing. Advanced Engineering Informatics, 19(3):181–187, 2005
- T. Braga; F. Silva; L. Ruiz; e H. Assunção. Redes Autônomas. Em E. Madeira, editor, Anais dos Minicursos do 26 Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores, p. 159–208. SBC, 2006
- M. Brunner. Towards Autonomic Network Management. Em 4th Latin American Network Operations and Management Symposium, 2005

# Dúvidas?

