



Self-Adaptive Systems

INF621 – Seminários Científicos II

Sandro S. Andrade
sandroandrade@ifba.edu.br

Objetivos



- Self-Adaptive Systems
- Motivação para Self-Adaptation
- Arquiteturas de Referência para Self-Adaptive Systems
- Feedback Control Loops
- Feedback Control na Engenharia de Software

Self-Adaptive Systems



- Um sistema self-adaptive/self-managed é aquele no qual componentes automaticamente configuram suas interações de forma compatível com uma especificação arquitetural geral e que conduz o sistema ao atendimento de suas metas [\[Kramer & Magee; Future of Software Engineering; 2007\]](#)
- Variações:
 - Autonomic Systems
 - Self-Organizing Systems
 - Autonomous (Robotic) Systems
 - Multi-Agent Systems

Self-Adaptive Systems



- Sistemas self-adaptive se adaptam a mudanças do ambiente e de suas dinâmicas internas de modo a alcançar metas particulares
- Um sistema self-adaptive é formado por duas partes: sub-sistema gerenciado (managed) e sub-sistema gerenciador (managing) que, em conjunto, implementam um control loop [Weyns et al.; On Patterns for Decentralized Control in Self-Adaptive Systems; 2011]

Motivação para Self-Adaptation

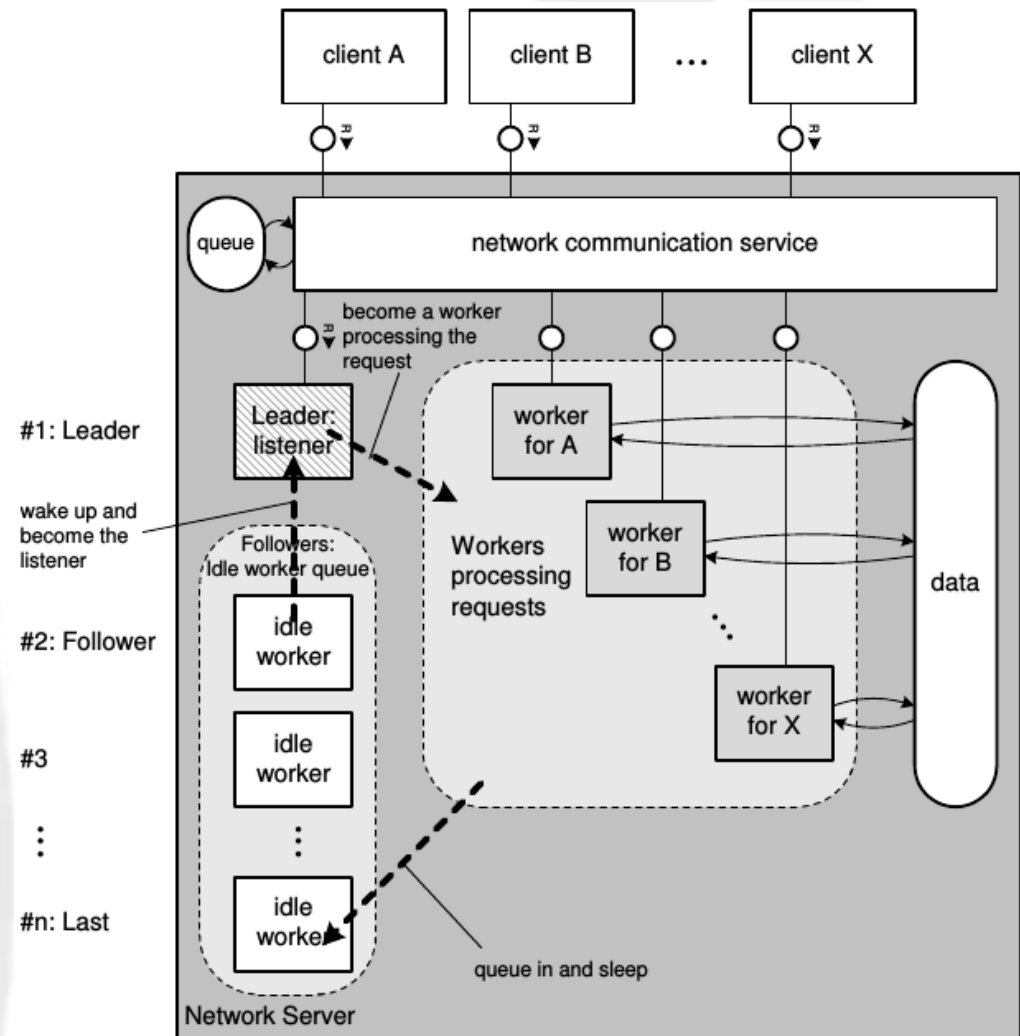


- Garantia de SLA's em provedores de serviços cloud-based
- Melhoria de desempenho em bancos de dados, servidores web e serviços de middleware
- Melhor consumo de energia em datacenters
- Melhor disponibilidade através de serviços adaptativos para tolerância a falhas
- Garantia de previsibilidade temporal em sistemas de tempo-real
- Dentre outros ...

Motivação para Self-Adaptation



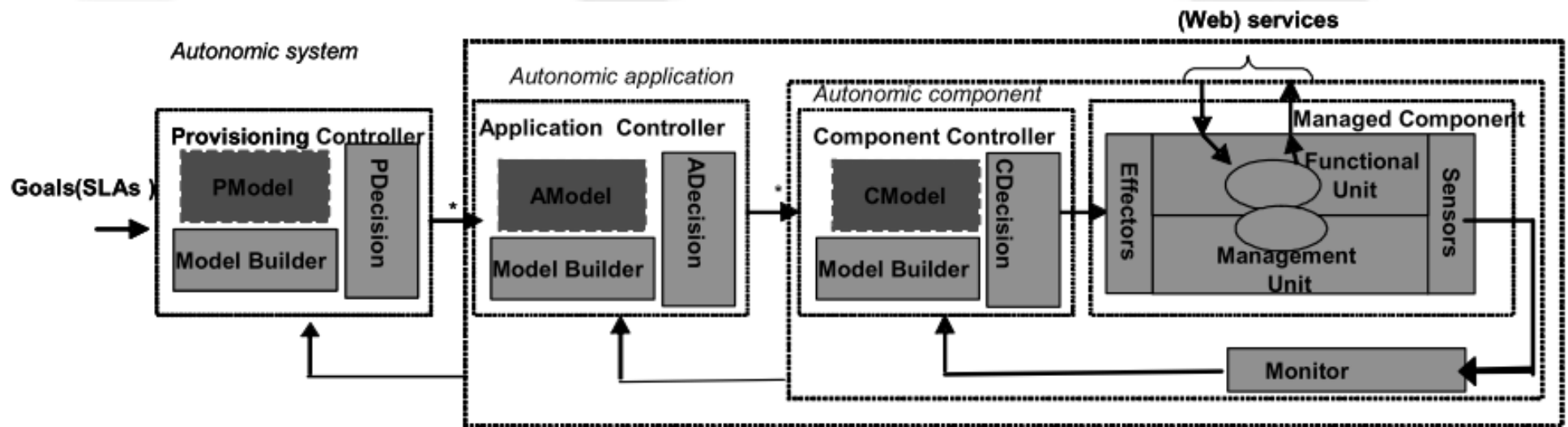
- Case 1:
 - Controle do tempo médio de resposta de um servidor web manipulando o tamanho do thread pool ou o número máximo de conexões simultâneas permitido



Motivação para Self-Adaptation



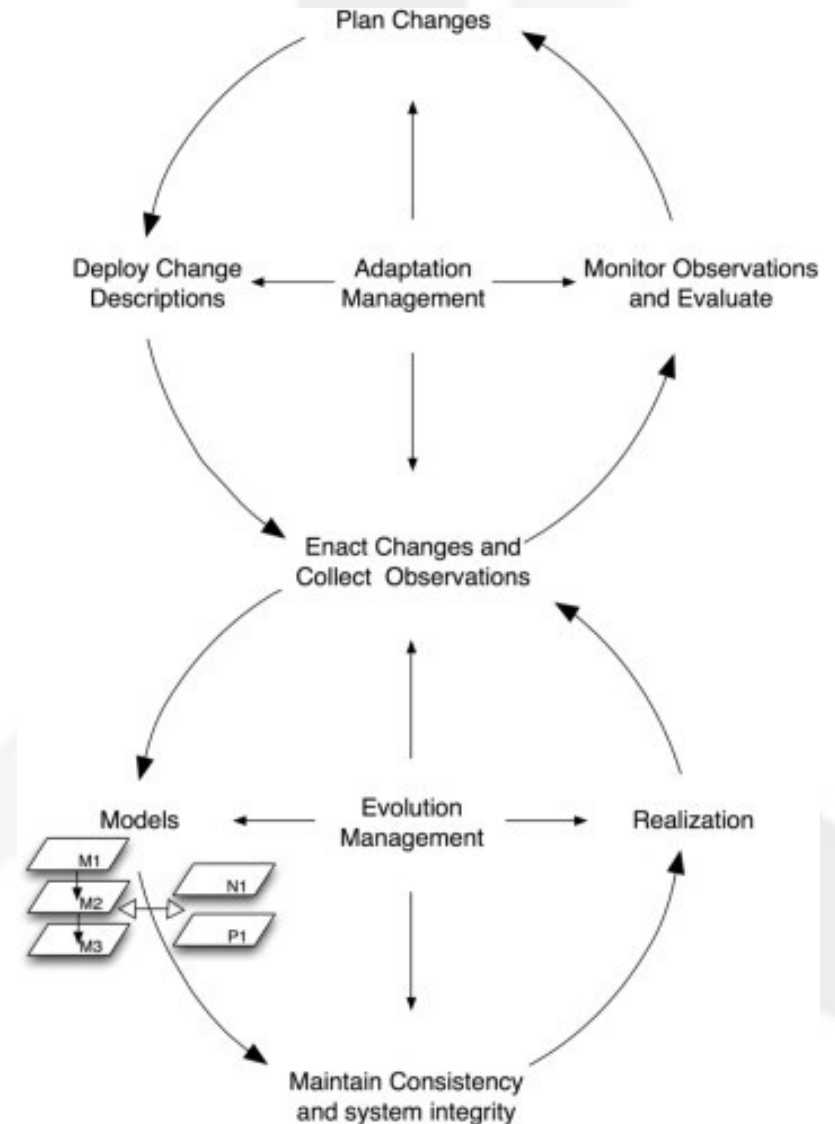
- Case 2:
 - Manutenção de QoS e SLA's em um ambiente de Cloud Computing



Arquiteturas de Referência para Self-Adaptive Systems



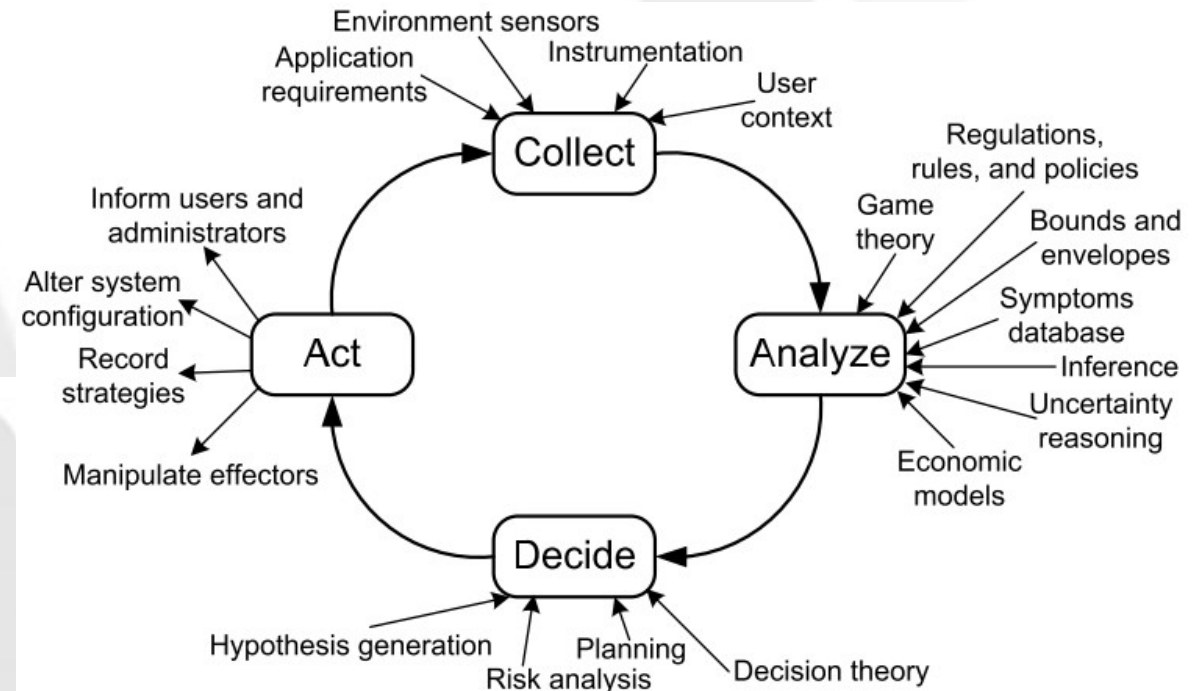
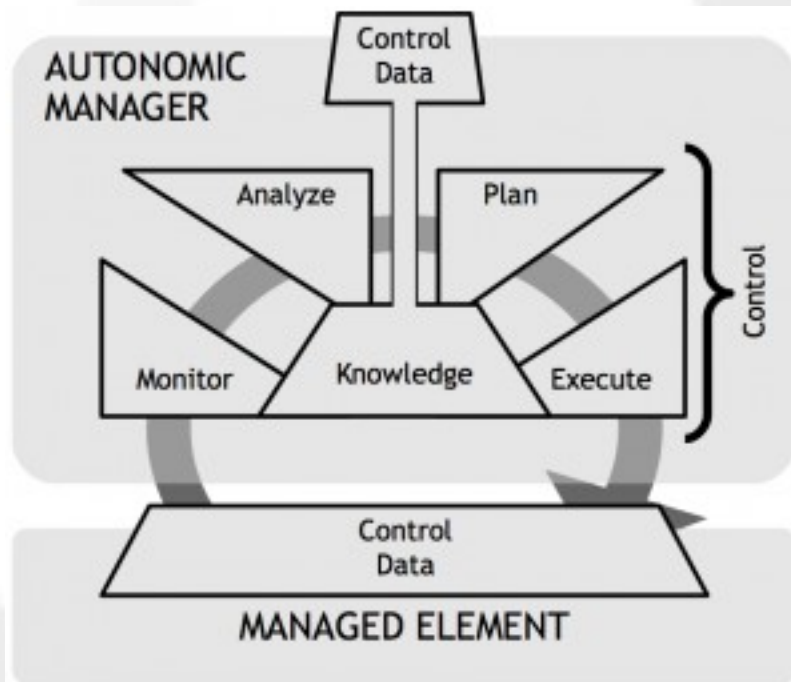
- Architecture-Based Self-Adaptation (Oreizy; 1999)



Arquiteturas de Referência para Self-Adaptive Systems



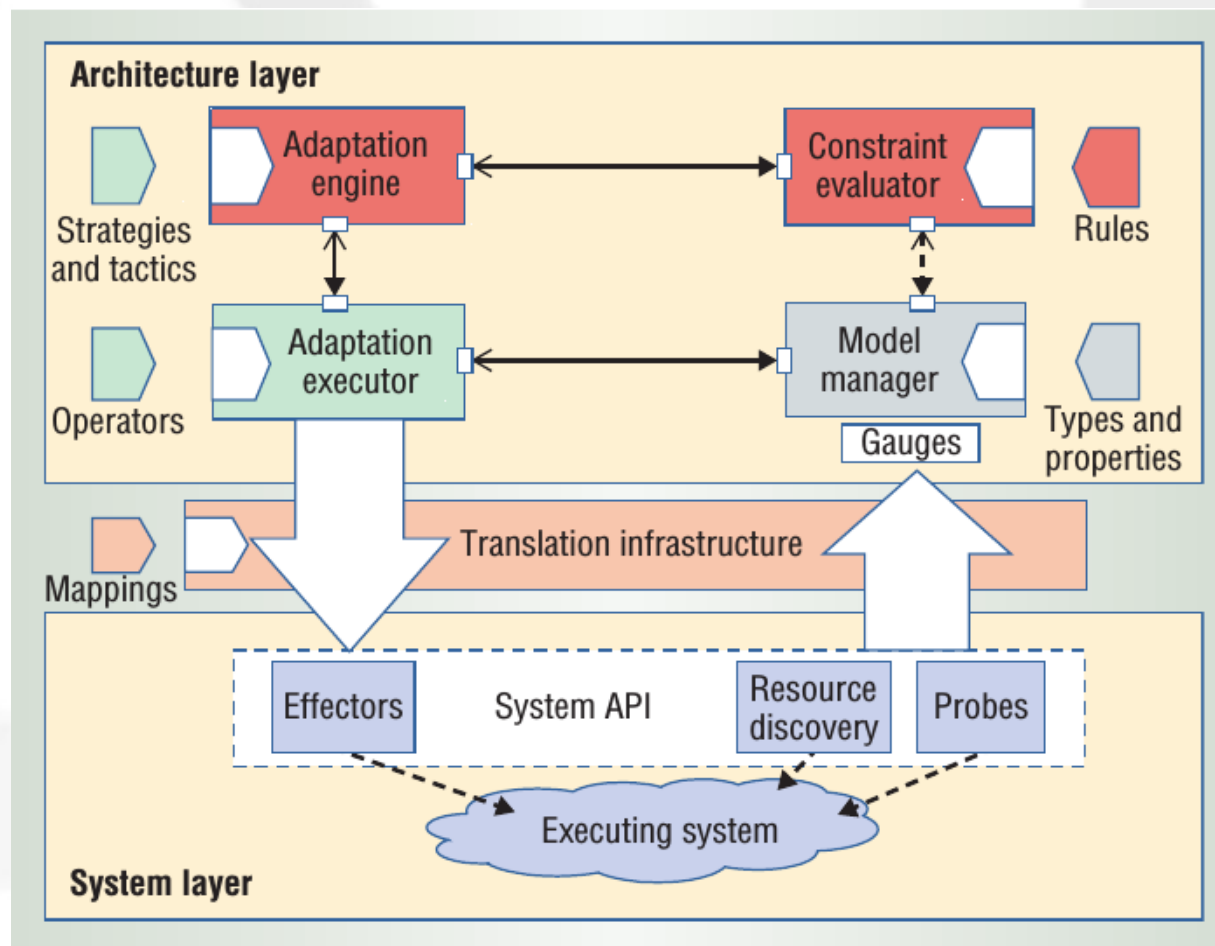
- MAPE-K (IBM; 2003)



Arquiteturas de Referência para Self-Adaptive Systems



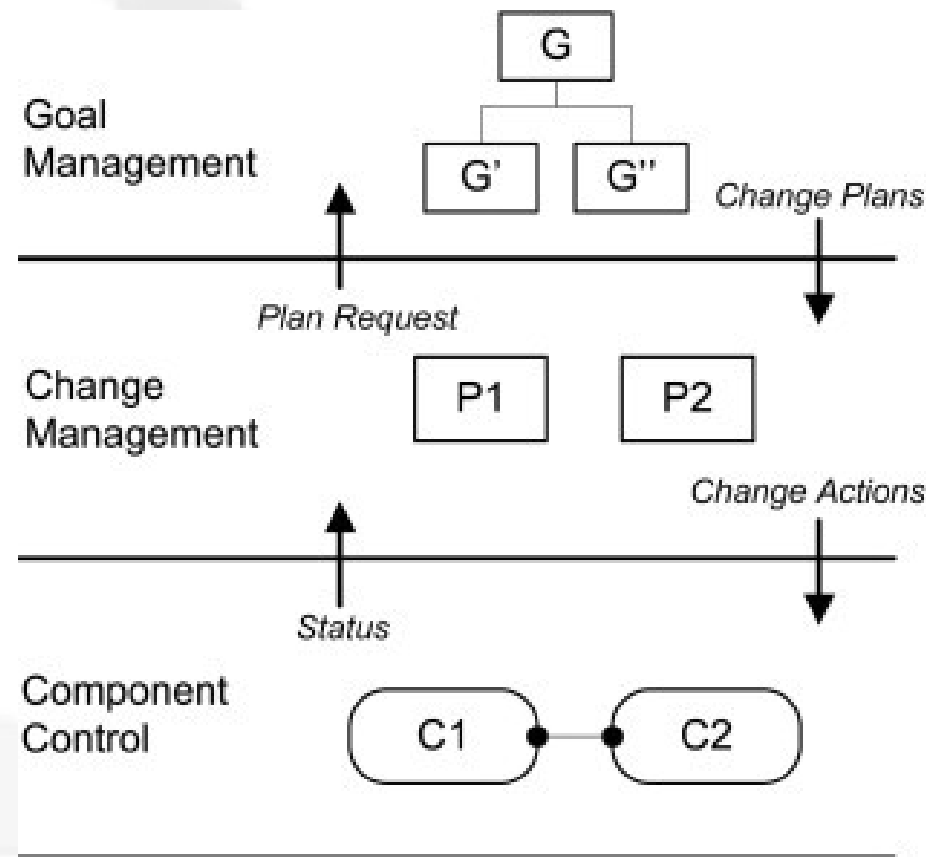
- Rainbow Architecture Self-Adaptation (Garlan; 2004)



Arquiteturas de Referência para Self-Adaptive Systems



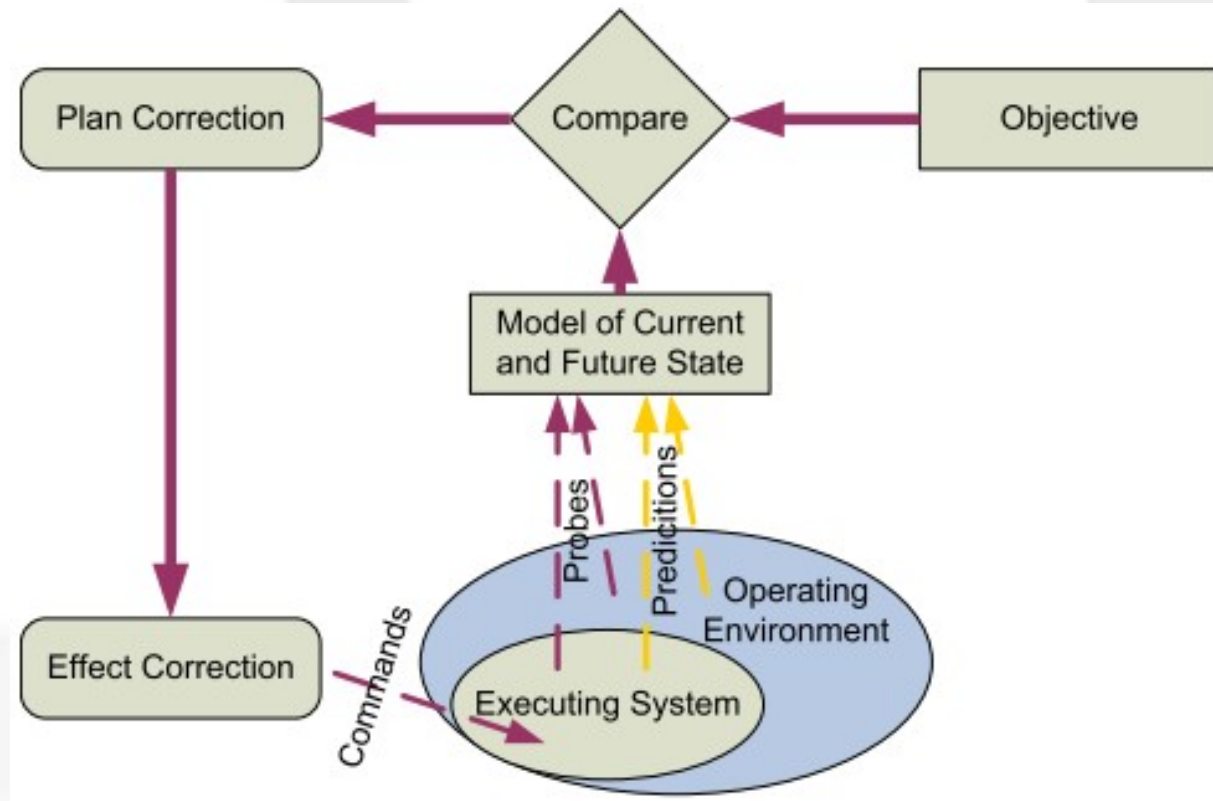
- 3-layer Architecture Self-Adaptation (Krammer & Magee; 2007)



Arquiteturas de Referência para Self-Adaptive Systems



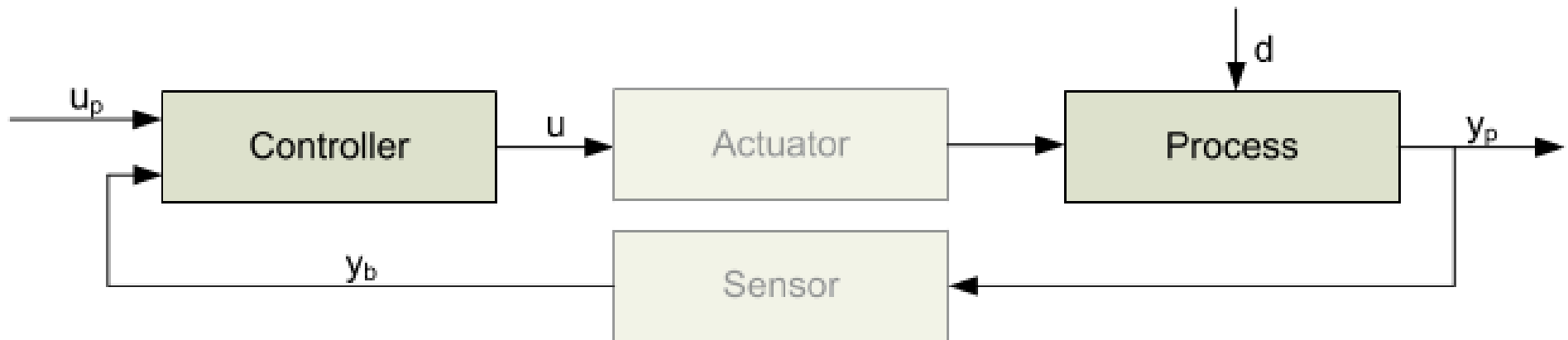
- Feedback Control Architecture (Shaw; 1995 e Muller et al; 2008)



Feedback Control Loops



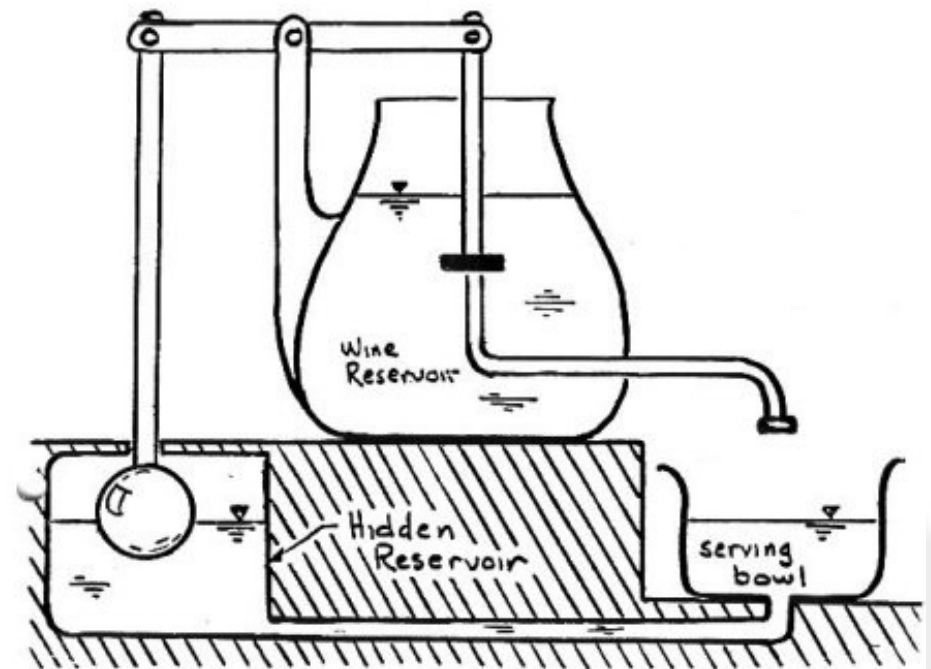
- Na engenharia:



Feedback Control Loops



- Primeiros sistemas de controle:
 - Bacia com nível auto-ajustável
 - 30 b.c.



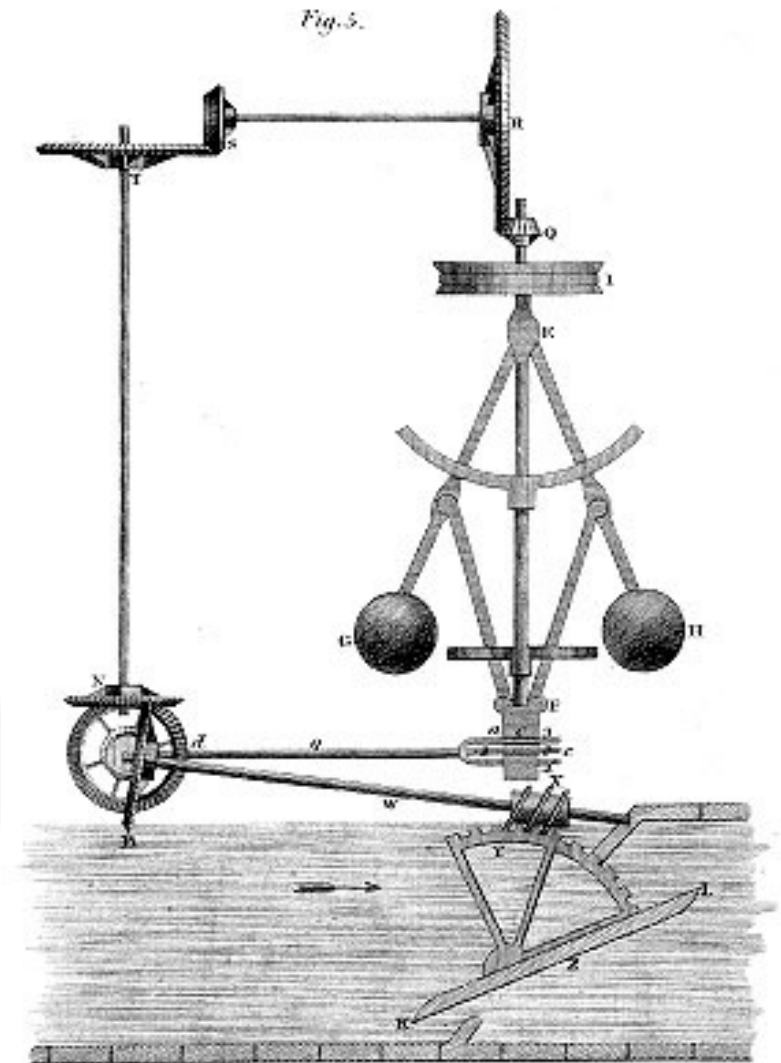
HERO'S SELF-LEVELING BOWL

ca. 30 B.C.

Feedback Control Loops



- Primeiros sistemas de controle:
 - Máquina a vapor de Watt
 - Século 18



Feedback Control Loops



- Usos atuais:
 - Sistemas de controle de aeronaves
 - Controle de robôs em plantas industriais automatizadas
 - Controle de processos químicos
- Experimentos conhecidos:
 - Pêndulo (duplo) invertido ([vídeo](#))
 - Oscilador magnético ([vídeo](#))
 - Ball and beam ([vídeo](#))

Feedback Control Loops



- Requisitos para implementação de loops de controle:
 - Modelagem da dinâmica do sistema:
 - Por first-principles (ex: leis da física, termodinâmica, química, etc)
 - Modelos black-box experimentais
 - Bump-tests
 - Modelagem do controlador:
 - Lei de controle a ser utilizada: P, PI, PID
 - Número de inputs e outputs (State-Space Control caso seja MIMO)
 - Considerações sobre adaptação do controlador
 - Análise do controlador
 - Estimativa dos atributos (stability, accuracy, settling time e overshoot)
 - Implementação do controlador

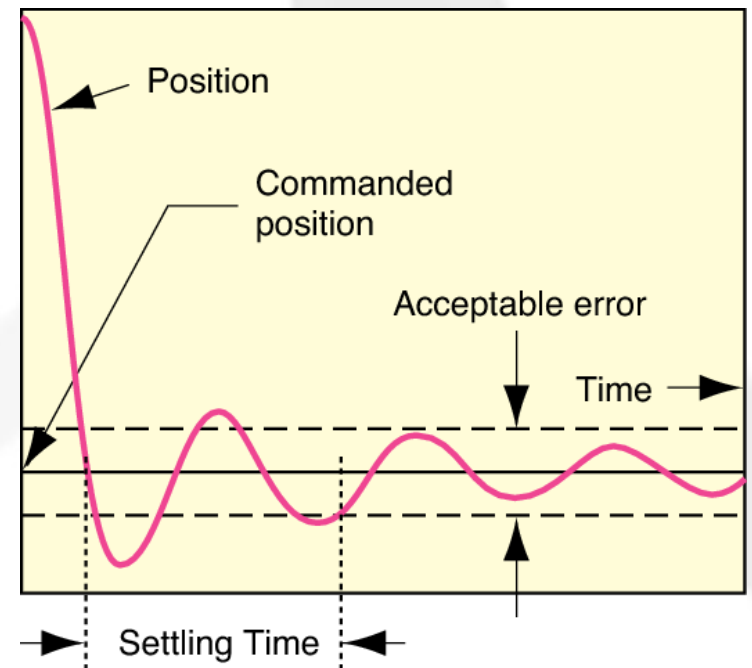
Feedback Control Loops



- Atributos de qualidade para feedback loops:
 - Stability: garante que o sistema converge para o (novo) setpoint, após uma perturbação ou mudança de setpoint.

Exemplo de sistema instável

- Accuracy: garante que o sistema converge exatamente para o setpoint
- Overshoot: quanto o ajuste excedeu o alvo
- Settling time: quando tempo o sistema leva para estabilizar no novo valor



Feedback Control na Engenharia de Software



- O objetivo é aplicar tais mecanismos para controlar “plantas” que são software
- Feedback control loops não são o único mecanismo para alcançar self-adaptation:
 - Otimização
 - Rule-Based / Policy-Based Approaches
 - Linguagens / Middleware dinâmicos
 - Inteligência Artificial
- Entretanto, a teoria de feedback control dá boas “garantias” em ambientes imprevisíveis e incertos

Feedback Control na Engenharia de Software

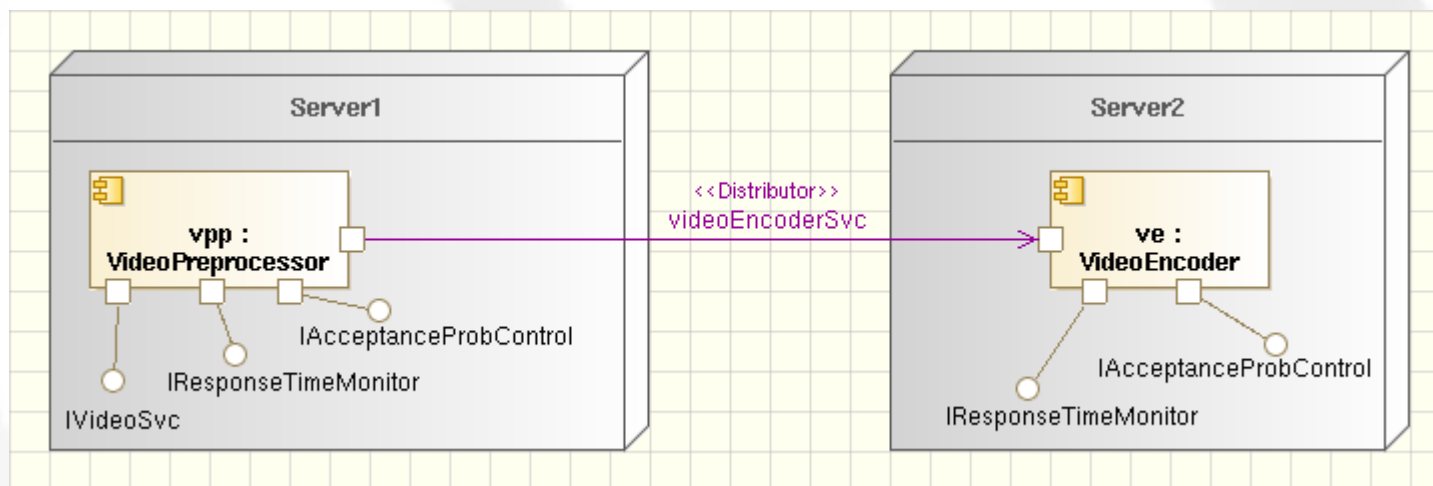


- Leis de controle:
 - Proporcional
 - Proporcional-Integral
 - Proporcional-Integral-Derivativo
 - State-Space Control
- Formas de adaptação:
 - Fixed Gain (sem adaptação)
 - Escalonamento de ganho
 - Adaptive Control (ex: MIAC / MRAC)

Feedback Control na Engenharia de Software



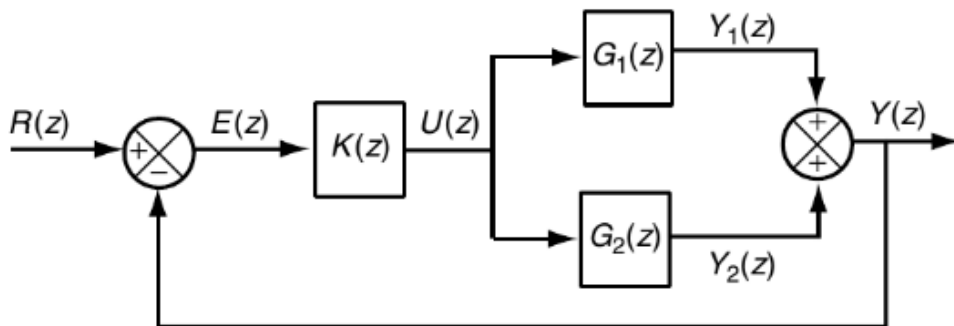
- Formas de Implantação:
 - Sistema original:



Feedback Control na Engenharia de Software



- Formas de Implantação:
 - Global Control with Global Reference Input

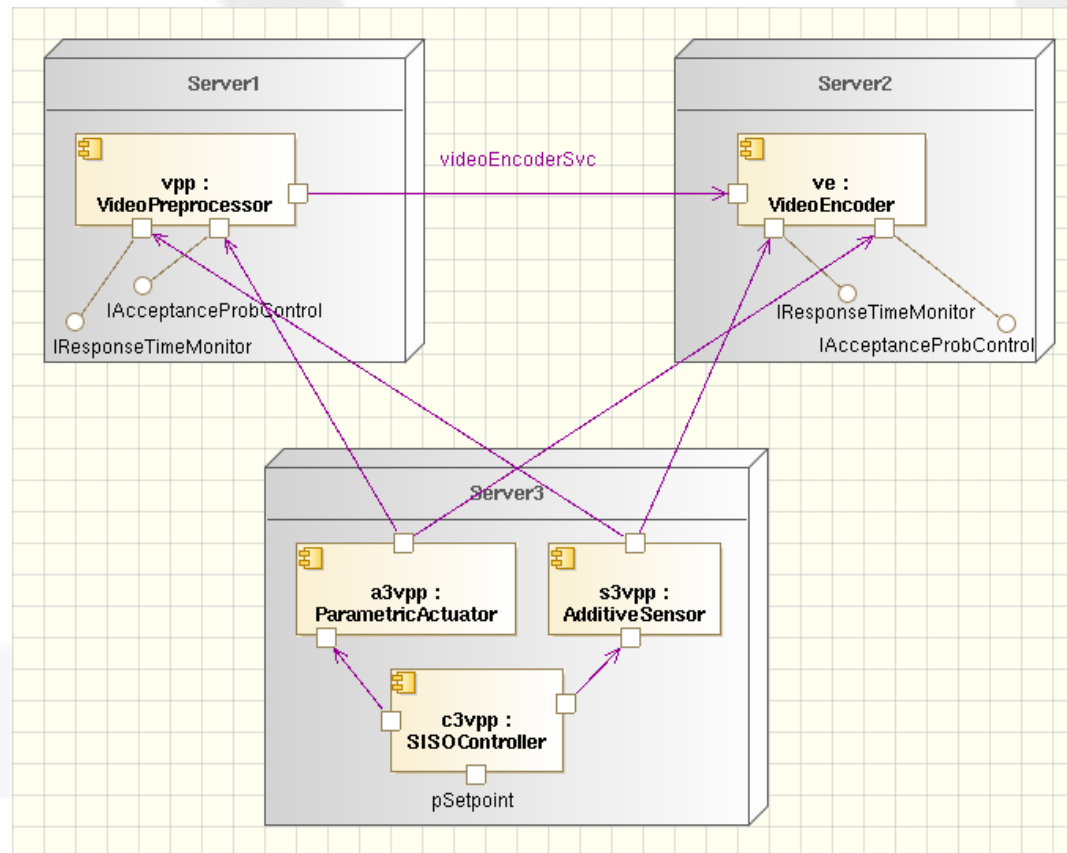


Vantagens	Desvantagens
Um único controlador, um único <i>input</i>	Em cenários distribuídos pode ser complicado ter um único controlador global **
Cálculo simples do erro	Geralmente é indesejável ter a mesma probabilidade de descarte para as duas filas. Deseja-se descartar com mais probabilidade na 1ª fila *

Feedback Control na Engenharia de Software



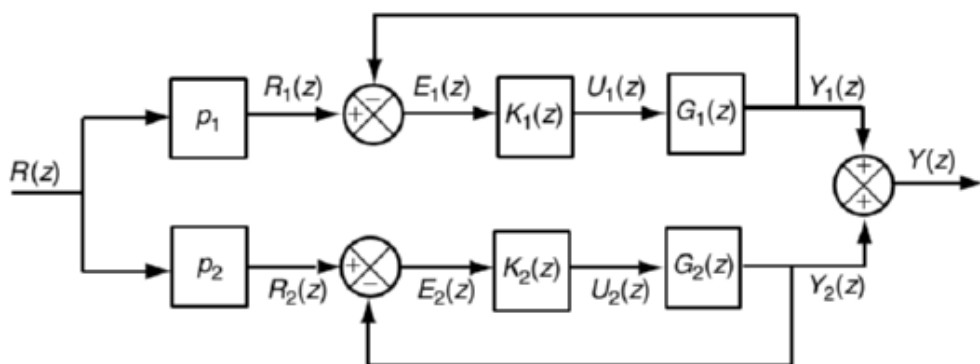
- Formas de Implantação:
 - Global Control with Global Reference Input



Feedback Control na Engenharia de Software



- Formas de Implantação:
 - Local Control with Local Reference Input

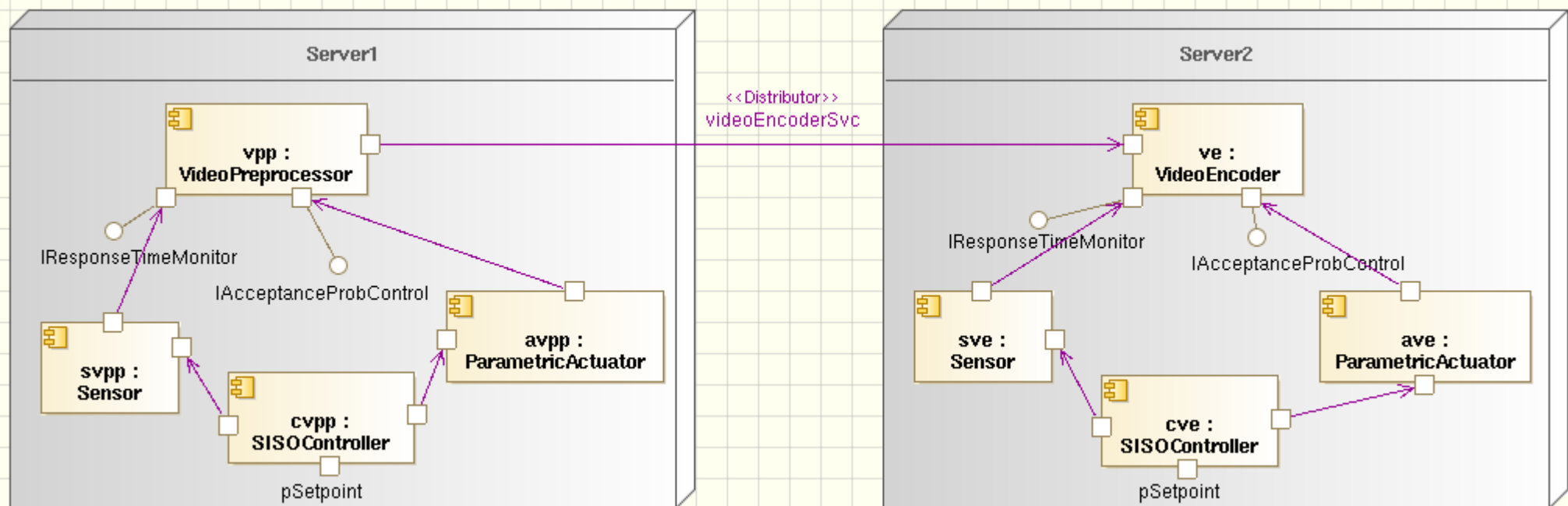


Vantagens	Desvantagens
<p>** O controle é local (distribuído). Os recursos trabalham de forma independente.</p>	<p>Falta de coordenação entre os recursos. Ex: reference = 2s. $p_1=p_2=0.5$. $y_1(k)=1.5$ e $y_2(k)=0.4$. O controlador K_1 irá forçar G_1 a descartar <i>jobs</i> mesmo com $y_1(k)+y_2(k)<2$. ***</p>
<p>* A <u>referência</u> (tempo de resposta) é particionada entre as duas filas. $p_1+p_2=1$.</p>	

Feedback Control na Engenharia de Software



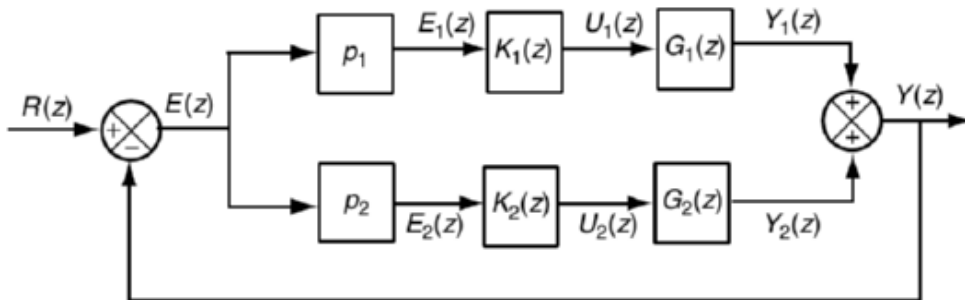
- Formas de Implantação:
 - Local Control with Local Reference Input



Feedback Control na Engenharia de Software



- Formas de Implantação:
 - Local Control with Global Reference Input

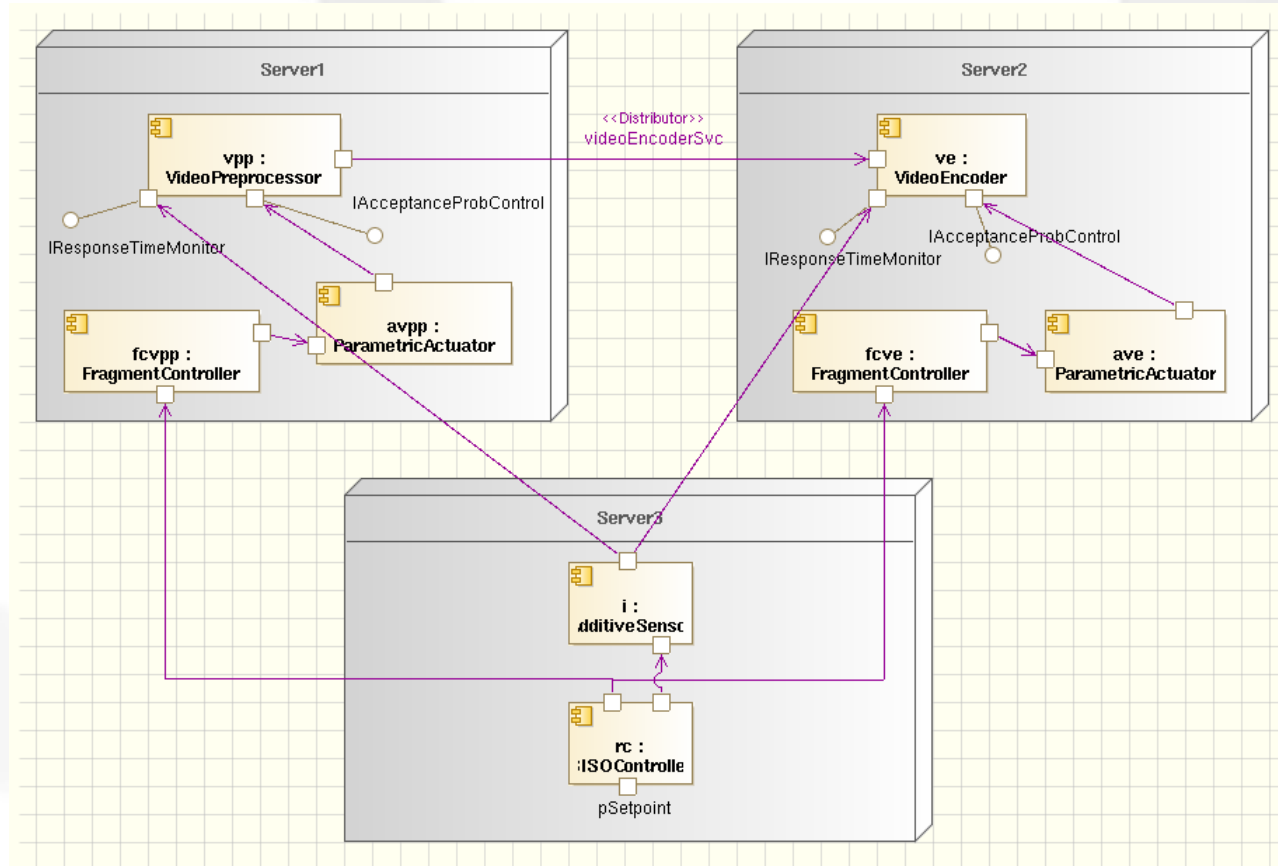


Vantagens	Desvantagens
*** O <i>control error</i> é particionado entre as duas filas.	Aumenta o <i>overhead</i> de coordenação, pois $R(z) - Y(z)$ deve estar disponível em cada controlador local no início de cada período de controle.

Feedback Control na Engenharia de Software



- Formas de Implantação:
 - Local Control with Global Reference Input



Feedback Control na Engenharia de Software



- Próxima atividade:
 - Ampliação de modelos arquiteturais previamente disponibilizados, de modo a adicionar comportamento self-adaptive
 - Análise do impacto das decisões arquiteturais em atributos de qualidade tais como settling time, robustez, overhead, etc