

UFMG  
UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE MINAS GERAIS

## Introdução à Robótica

### Paradigmas robóticos

Prof. Douglas G. Macharet  
douglas.macharet@dcc.ufmg.br

DCC  
DEPARTAMENTO DE  
CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

## Introdução

- Diferentes nomenclaturas
  - Paradigmas de controle
  - Arquiteturas robóticas
- Organização das primitivas principais
  - Percepção (SENSE)
  - Planejamento (PLAN)
  - Atuação (ACT)

DCC UFMG

Introdução à Robótica - Paradigmas robóticos 2

## Introdução

**SENSE**

Aquisição e processamento das informações sensoriais.

**PLAN**

Criação de modelos e deliberação sobre as possíveis ações a serem executadas pelo robô.

**ACT**

Execução das ações pelos atuadores.

DCC UFMG

Introdução à Robótica - Paradigmas robóticos 3

## Introdução

- Três paradigmas principais
  - Hierárquico (deliberativo)
  - Reativo
  - Híbrido

DCC UFMG

Introdução à Robótica - Paradigmas robóticos 4

## Hierárquico (deliberativo)

- Introduzido na década de 1970
- Foco principalmente na criação de modelos e deliberação sobre essa representação
- Baseado nas técnicas clássicas de IA
  - Modelo completo do mundo
  - Ações determinísticas
  - Tempo suficiente para deliberar

DCC UFMG

Introdução à Robótica - Paradigmas robóticos 5

## Hierárquico (deliberativo)

- Robô observa o mundo, planeja os próximos passos (define o modelo) e finalmente atua
  - Foco principal no planejamento

```

graph LR
    Sense[Sense] --> Plan[Plan]
    Plan --> Act[Act]
    Act --> Sense
  
```

DCC UFMG

Introdução à Robótica - Paradigmas robóticos 6

## Hierárquico (deliberativo)

Stanford CART (1973)



## Hierárquico (deliberativo)

1. Adquire nove imagens, identifica pontos de interesse em uma das imagens e utiliza as restantes para se estimar profundidade;
2. Integra as novas informações no modelo global do mundo;
3. Correlaciona as novas imagens com as antigas para se estimar a movimentação do robô;
4. Considerando o movimento desejado, o movimento estimado e o conhecimento do ambiente, escolhe a direção de movimento;
5. Executa o movimento.

## Hierárquico (deliberativo)

- Problemas
  - Dificuldade para construir e manter um modelo
  - Complexidade do modelo resultante
  - Não há muito tempo para deliberar
    - Por exemplo, nem sempre será possível realizar uma busca completa no espaço de estados

## Reativo

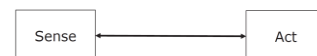
- Introduzido na década de 1980
- Robótica difere da IA tradicional
  - Situatedness
    - Inserido no mundo real, não uma representação abstrata
  - Embodiment
    - Robô possui um corpo físico
  - Emergence
    - Inteligência é resultado da interação com o ambiente

## Reativo

- Resposta ao paradigma hierárquico
- Rodney Brooks
  - "The world is its own best model"
  - "Elephants don't play chess"
  - "Planning is just a way of avoiding figuring what to do next"
- Inspiração na natureza (sistemas biológicos)

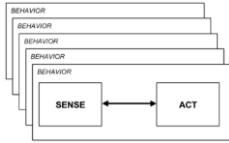
## Reativo

- Não existe um modelo do mundo
- Não existe uma fase de planejamento
- Ligação direta entre a Percepção e a Ação
  - Comportamento



## Reativo

- Emergent Behaviors
  - Comportamento final (complexo) resultante dos diferentes sub-comportamentos (simples)



## Reativo



## Reativo

### Características

- O robô é parte integral do mundo (situated)
- Não existe o conceito de memória
  - Controlado pela interação com o mundo
- Alto acoplamento entre percepção e atuação
- Sensoriamento local
  - Representação egocêntrica
- Alto grau de modularidade

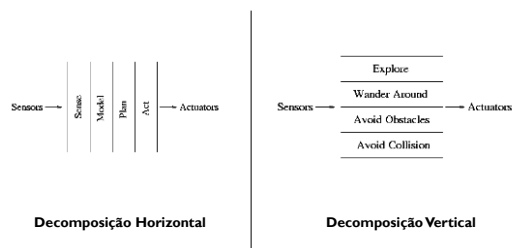
## Reativo

### Subsumption Architecture

- Proposta por Rodney Brooks (1986)
- Rede de módulos Percepção-Ação
  - Organizados em níveis de competência
  - Comportamentos básicos em níveis baixos
  - Task Achieving Modules*
  - Podem ser executados em paralelos
- Augmented Finite State Machine (AFSMs)

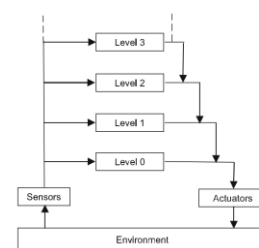
## Reativo

### Subsumption Architecture



## Reativo

### Subsumption Architecture



## Reativo

- Prós
  - Fácil de implementar
  - Comportamentos emergentes
  - Interessante para robótica cooperativa
- Contras
  - Pode não ser suficiente para tarefas complexas
  - Não existe garantia de completude da tarefa
  - Combinação dos comportamentos é difícil

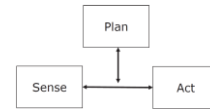


Introdução à Robótica - Paradigmas robóticos

19

## Híbrido

- Introduzido na década de 1990
- Combinar o melhor dos outros paradigmas
  - Resposta em tempo real aos estímulos externos
  - Planejamento em alto nível a médio/longo prazo



Introdução à Robótica - Paradigmas robóticos

20

## Híbrido

Arquitetura de 3 camadas (Gat, 1998)

- Camada Reativa
  - Controle de baixo nível
  - Módulos Percepção-Ação
- Camada Executiva (sequenciador)
  - Aciona os módulos necessários a partir dos planos definidos pela camada deliberativa
  - Monta uma representação do mundo
- Camada Deliberativa
  - Planejamento mais complexo/alto nível



Introdução à Robótica - Paradigmas robóticos

21