

第2章 智能化智能体

- 智能体的概念
- 理性的概念
- 环境的本质（PEAS、环境的类型）
- 智能体的结构
- 智能体的类型



2.1 智能体和环境



智能体 (Agent)

什么是智能体？

- 自主运作
- 感知他们的环境
- 持续动作
- 顺应变化
- 实现目标
- 最佳结果,或最佳预期结果(存在不确定性时)

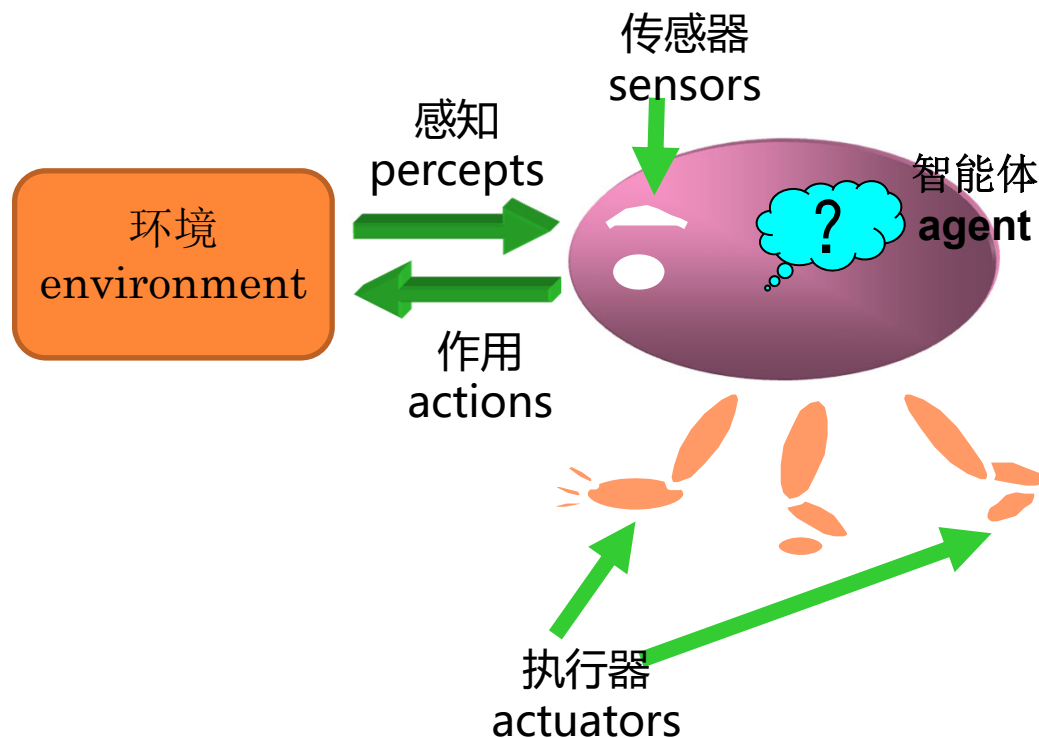


智能体 (Agent)

什么是智能体？

□ 概括地说,一个智能体可以被看作具有如下功能的任何事物:

- 通过**传感器**感知它的环境, 并通过**执行器**对环境产生**作用**。
- 还可以通过**学习**或者**应用知识**来实现其目标。



智能体包括人类、机器人、软件机器人, 等等。



智能体举例

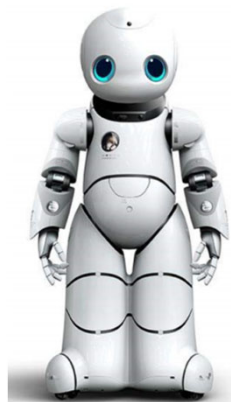
人类智能体

- 传感器：眼睛、耳朵，皮肤等五种感觉器官
- 执行器：手、腿，声道等



机器人智能体

- 传感器：摄像头、红外测距仪等
- 执行器：各种马达等



自动驾驶汽车

- 传感器：摄像头、激光雷达等
- 执行器：加速器、制动器、方向盘等



智能体举例

软件智能体(软件机器人)

- 传感器：击键、文件内容、以及网络包。
- 执行器：屏幕显示、写文件、以及发送网络包。

抽象智能体

- 智能体经常被大致地描述成一个类似于计算机程序的抽象功能系统。
- 它们有时被称为抽象智能体,将其与现实世界的计算机系统、生物系统、或组织机构加以区别
- 某些智能体的定义强调其自主性,因而喜欢自主智能体这个术语。
- 其他人仍然将目标导向行为作为智能的本质,故而喜欢从经济学借用的术语,理性智能体。



智能体定义

- 智能体：给定感知序列  求取行动（映射）

通过智能体函数来实现，抽象的数学表示：

$$[f: P^* \rightarrow A]$$

智能体函数通过具体的智能体程序来实现，并在智能体自身的结构上运行

可以把智能体定义为：

智能体 = 体系结构 + 程序



智能体 - 体系结构

- **体系结构**：某个具备物理传感器和执行器的计算装置。



- 例如：一台计算机，一辆自动驾驶汽车



- 体系结构为程序提供来自传感器的感知信息，运行程序，并把程序计算出的行动决策送达执行器。



举例：真空吸尘器世界

- 一个仅仅有两个地点的真空吸尘器世界:方形区域A和B。
- 该吸尘器智能体感知它在那个方形区域,以及该方形区域是否有灰尘。它可以选择左行、右行、吸尘、或者空操作。即:

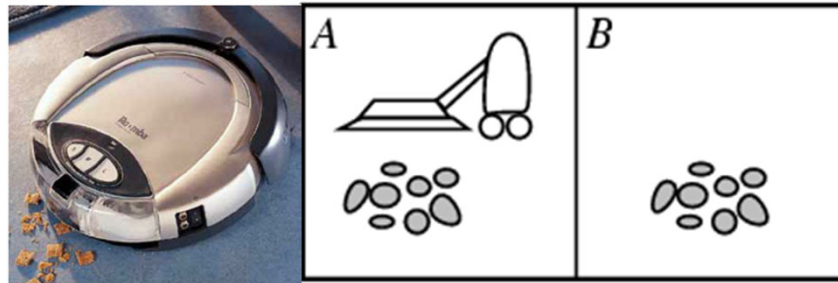
- 感知 (Percepts):

位置 和内容,

例如: [A, Dirty]

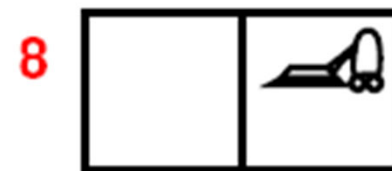
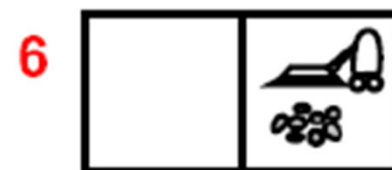
- 行动 (Actions):

向左移动、 向右移动、 吸灰尘、 什么都不做



智能体程序举例

- 8 States (状态)



智能体程序举例

尝试定义一个Agent函数：

如果当前有灰尘，那么吸尘，否则移动到另一处地点

真空吸尘器世界的简单Agent函数的部分功能表

Percept sequence	Action
[A, Clean]	Right
[A, Dirty]	Suck
[B, Clean]	Left
[B, Dirty]	Suck
[A, Clean], [A, Clean]	Right
[A, Clean], [A, Dirty]	Suck
...	...

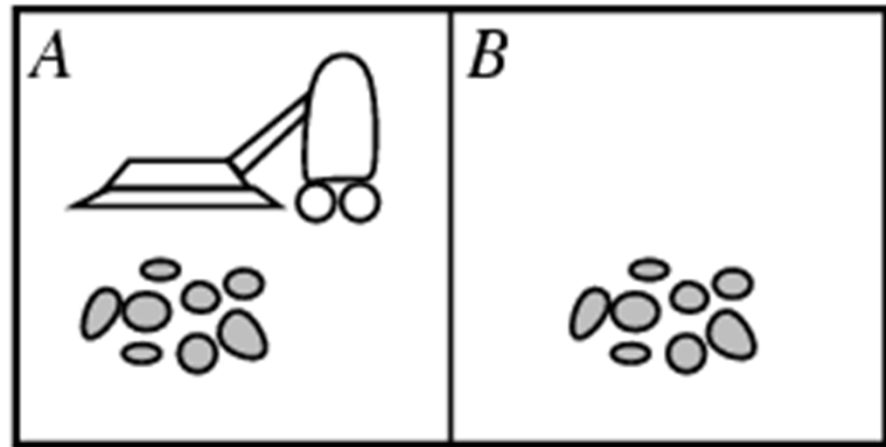
填写表格右边
一列的方法不
同，就可以定
义不同的真空
吸尘器世界
Agent。



智能体程序举例

Agent函数:

如果当前有灰尘,
那么吸尘, 否则移动到
另一处地点



Agent程序是Agent函数的实现

掌握简单的伪代码语言

```
function REFLEX-VACUUM-AGENT( [location, status] ) returns an action
```

```
  if status = Dirty then return Suck
  else if location = A then return Right
  else if location = B then return Left
```



AGENT函数与AGENT程序

- Agent函数是抽象的数学描述； Agent程序是具体实现， 在一些物理系统内部运行。
- Agent函数描述了Agent的行动， 将任意给定感知历史序列映射为行动。 $f: \mathcal{P}^* \rightarrow \mathcal{A}$
- Agent程序： 输入为当前的感知信息， 输出是执行器的行动



智能体程序

- 表驱动法：一个表记录所有的感知序列及其最佳行动。在运行时只需要根据感知，查询表格来决定行动
 - 缺陷（表太大、建表要花很长时间、不是自治的、即使是学习，也要花费很长时间去学习表的条目等）
 - 举例（真空吸尘器、国际下棋）

```
function TABLE-DRIVEN-AGENT(percept) returns an action
  static: percepts, a sequence, initially empty
  table: a table of action, indexed by percept sequences,
initially fully specified
  append percept to the end of percepts
  action <-- LOOKUP(percepts, table)
  return action
```



2.2 理性的概念



理性智能体 (RATIONAL AGENTS)

什么是理性智能体?

- 是一个有**正确行为**的智能体-该功能表中的每个条目都正确填写。

什么是正确的行为?

- 一个智能体在一个环境中依据感知生成一系列动作。
- 这些动作经由一系列状态而引起环境发生变化。
- 如果该系列变化是所期望的,则该智能体表现良好。



理性智能体 (RATIONAL AGENTS)

正确的行为=理性的动作

□ 理性的

探索、学习、自主

□ 理性的动作

对给定的感知序列,能使期待的性能指标最大化。

- 理性=最佳
- 理性=最优
- 理性≠全知全能
- 理性≠明察秋毫
- 理性≠百战百胜



理性智能体 (RATIONAL AGENTS)

理性的概念

- 理性依赖于四件事:
 - 定义成功标准的性能指标。Performance
 - 智能体对环境的先验知识。Environment
 - 智能体能够完成的动作。Actuators
 - 智能体最新的感知序列。Sensors



理性智能体的定义

- 给定**感知序列** (percept sequence) 和内在**先验知识**，理性智能体能够选择使得性能度量的**期望值最大**的行动。
- 真空吸尘器世界智能体是否是理性的呢？



理性智能体举例

- 对真空吸尘器智能体做如下假设：
 - 性能度量是每个单位时间内对每块清洁的区域奖励1分，
 - 环境的“地形”作为先验知识是已知的，但灰尘的分布和智能体的初始位置未知
 - 可能的行动只有：左、右、吸尘、无动作
 - 智能体能正确的感知它自己的位置以及所在地有无灰尘
- 上述假设条件下，Agent是理性的，它的期望性能至少和其它Agent一样高 ✓



智能体的特性

- (1) **自主性**: Agent具有独立的局部于自身的知识和知识处理方法, 能够根据其内部状态和感知到的环境信息自主决定和控制自身的状态和行为。
- (2) **反应性**: Agent能够感知、影响环境。Agent的行为是为了实现自身内在的目标, 在某些情况下, Agent能够采取主动的行为, 改变周围的环境, 以实现自身的目标。
- (3) **协作性**: 很多Agent同时存在, 形成多智能体系统, 模拟社会性的群体。Agent具有和外部环境中其它Agent相互协作的能力, 在遇到冲突时能够通过协商来解决问题。
- (4) **自适应性**: Agent应该能够在交互过程中逐步适应环境, 自主学习, 自主进化, 通过改变和增加知识来弥补不完整的或者不正确的先验知识

2.3 环境的本质



任务环境

- 设计智能体第一步

尽可能全面详细地说明任务环境

什么是PEAS? 是任务环境的规范

- PEAS描述
 - 性能度量 (Performance measure)
 - 环境 (Environment)
 - 执行器 (Actuators)
 - 传感器 (Sensors)
- 举例



任务环境（续）

- 自动出租车司机



- **性能度量:** 安全、快速、守法、舒适的旅途、利润最大化等
- **环境:** 道路、交通、行人、顾客等
- **执行器:** 方向盘、油门、刹车、信号灯、喇叭、显示器等
- **传感器:** 摄像头、声波传感器、速度仪、GPS、里程计、加速度计、引擎传感器、操作盘等



任务环境（续）

- 挑拣零件的机器人



- **性能度量**: 放进正确的箱子的零件的百分比
- **环境**: 载有零件的传送带、箱子
- **执行器**: 有关节的胳膊和手
- **传感器**: 摄像头、关节角度传感器



任务环境（续）

- 交互式英语教师



- **性能度量**: 最大化学生的测验成绩
- **环境**: 一组学生、测验机构
- **执行器**: 显示器, 扬声器 (练习, 建议, 纠正)
- **传感器**: 键盘



任务环境（续）

- 医学诊断系统



- **性能度量:** 恢复健康的病人、费用最小化、最小诉讼等
- **环境:** 病人、医院、职员
- **执行器:** 显示器(问题、测试、诊断、资料、咨询等)
- **传感器:** 键盘(症状、病人的回答、检查报告等)

环境的类型

- 完全可观察的 vs. 部分可观察的
 - 如果Agent的传感器在每个时间节点上都能获取环境的完整状态，这个任务环境就是完全可观察的。否则，则是部分可观察的。
 - 例如：自动出租车、国际象棋
 - 环境因为噪声、不精确的传感器或丢失部分状态数据，而成为部分可观察的



环境的类型（续）

- 确定的 vs. 随机的

- 如果环境的下一个状态完全取决于当前状态和 Agent 执行的动作，则该环境是确定的；否则，是随机的。
- 例如：自动出租车、真空吸尘器世界
- 如果环境是确定性的，除非有其他智能体活动的影响，则称该环境是策略的。



环境的类型（续）

- 片段式的 vs. 延续式的

- 片段式环境：智能体经验被分成一个个原子片段，行动的选择取决于当前片段，当前的决策不会影响未来的决策
- 延续式是指 当前决策会影响到所有未来的决策
- 例如：自动出租车驾驶、下棋（延续式）、装配线上检测次品零件的机器人（片段式）



环境的类型（续）

- 静态的 vs. 动态的

- 如果环境在Agent决策的时候会变化，该环境是动态的，否则是静态的。
- 如果环境本身不随时间变化而变化，但Agent的性能评价随时间变化，则环境是半动态的。
- 例如：自动出租车驾驶（动态的）、国际象棋（半动态）、纵横字谜游戏（静态的）



环境的类型（续）

- 离散的 vs. 连续的

- 离散的：能区分出有限数量的明确的、清晰定义的感知和行动称之为离散的，否则为连续的
- 环境的状态、时间的处理方式以及智能体的感知信息和行动
- 例如：自动出租车驾驶（连续的）、国际象棋（离散的）



环境的类型（续）

单智能体 vs. 多智能体

- 环境中单个或多个智能体
- 例如：下棋的智能体（多智能体）、纵横字谜游戏（单智能体）
- 竞争性的多Agent环境， Agent B想要最大化自己的性能度量，就需要最小化Agent A的性能度量。如国际象棋
- 合作性的多Agent环境： Agent B想要最大化自己的性能度量，就需要最大化Agent A的性能度量。
- 部分合作部分竞争的多Agent环境，如自动出租车



环境的类型（续）

任务环境及其特性

Environment Types 环境类型	Example Agents 智能体举例		
	Taxi driving 的士司机	Image analysis 图像分析	Internet shopping 网上购物
Observable 可观测	Partially 部分	Fully 完全	Partially 部分
Agents 智能体	Multi 多个	Single 单个	Single 单个
Deterministic 确定性	Stochastic 随机	Deterministic 确定	Stochastic 随机
Episodic 阵发性	Sequential 顺序	Episodic 阵发	Sequential 顺序
Dynamic 动态	Dynamic 动态	Semi 半动态	Semi 半动态
Discrete 离散	Continuous 连续	Continuous 连续	Discrete 离散



2.3.2 环境类型 (续)

计时棋赛

不计时棋赛

自动出租车驾驶

完全可以观察的
确定性的
片段式的
静态的
离散的
单个Agent

Yes
Strategic
No
Semi
Yes
No

Yes
Strategic
No
Yes
Yes
No

No
No
No
No
No
No

- 环境的类型很大程度上决定了智能体的设计
- 最难处理的情况(现实世界): 部分可以观察的、随机的、延续式的、动态的、连续的、多智能体的

思考题

- 请试着说出垃圾邮件过滤智能体的PEAS。
- 自动出租车司机智能体的环境类型为什么说是很复杂的？



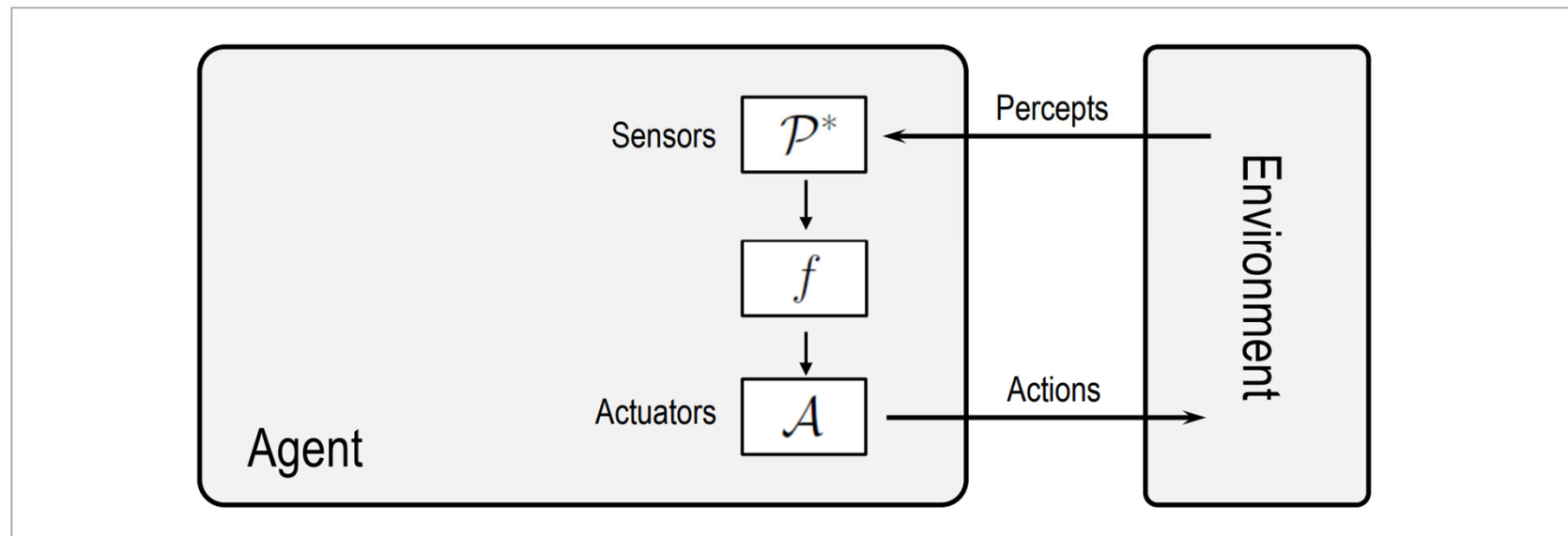
2.4 智能体的结构



智能体的结构

一个智能体的行为可以数学上被描述为一个智能体函数，
将每个感知映射为动作。

$$f : \mathcal{P}^* \rightarrow \mathcal{A} \quad \text{where} \quad \mathcal{P}^* = \sum_{t=1}^T |\mathcal{P}|^t$$



智能体的结构

智能体函数

智能体函数是一个抽象的概念，它可以包含将各种决策制定的原则：

- ❑ 单个选项的效用计算
- ❑ 贯穿逻辑规则的推论
- ❑ 模糊逻辑
- ❑ 查找表



智能体的结构

智能体程序

实现一个智能体功能。它将感受器的输入作为当前的感知，然后返回一个动作给执行器。

```
function TABLE-DRIVEN-AGENT(percept) returns an action
  persistent: percepts, a sequence, initially empty
               table, a table of actions, initially fully specified
               action, the most recent action, initially none
  append percept to the end of percepts
  action  $\leftarrow$  LOOKUP(percepts, table)
  return action
```

该智能体程序通过查找表返回一个动作。



智能体的结构

智能体的结构

$$\begin{aligned} \textit{Agent} &= \textit{platform} + \textit{agent program} \\ \textit{platform} &= \textit{computing device} + \textit{sensors} + \textit{actuators} \\ \textit{agent program} &\supset \textit{agent function} \end{aligned}$$

智能体的层次

- 智能体通常表现为一个分层的结构，它包含许多“子智能体”。
- 子智能体处理和执行较低级的功能。
- 智能体和子智能体构建一个完整的系统，它可以通过行为和反应来完成艰巨的任务。



2.5 智能体类型

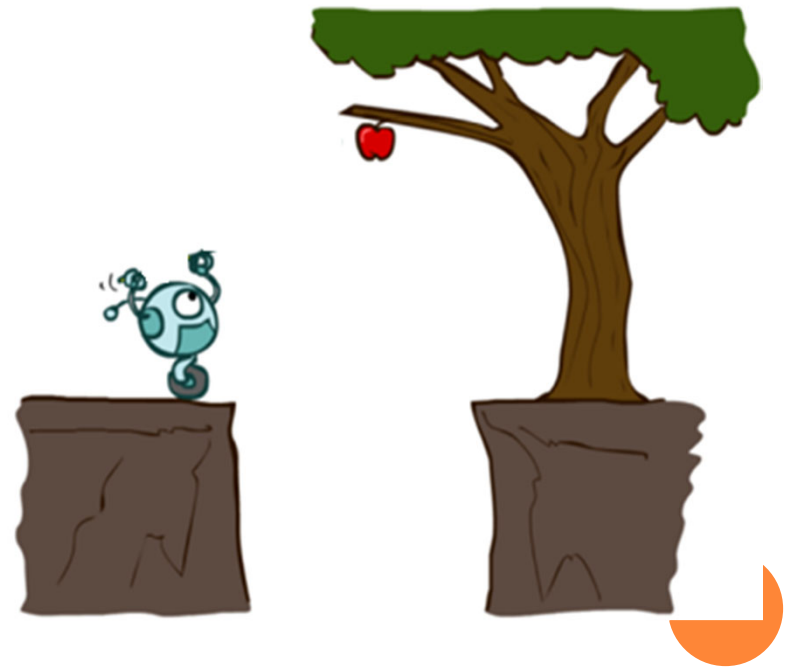


智能体类型

智能体的主要类别

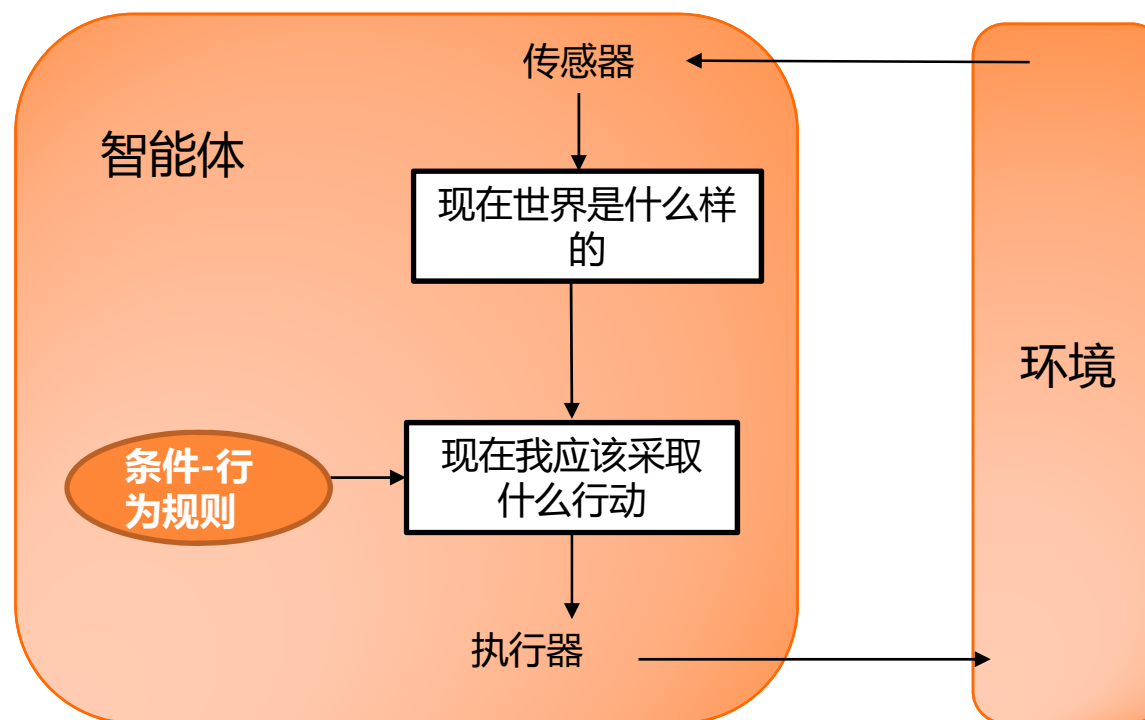
- ◆ 该分类是基于他们感知的智能和能力的程度。
- ◆ 这里我们将介绍5种类型的智能体，体现几乎所有智能系统的基本原理。

- 简单反射型智能体
- 基于模型的反射型智能体
- 基于目标的智能体
- 基于效用智能体
- 学习智能体



简单反射型智能体结构

- ❑ 简单反射智能体仅仅在当前感知的基础上动作，忽略其余的感知历史。
- ❑ 智能体功能是基于**条件动作规则**：if 条件 then 动作。



例如：真空吸尘器

矩形表示Agent决策过程的内部状态
椭圆表示该过程中用到的背景知识

智能体类型

简单反射智能体

- 简单反射智能体是最简单的智能体类型
- 如果环境完全可观察到，或者正确的行为是基于目前的感知，它们才能工作。
- 智能体在部分可观测环境下运行时，无限循环往往是无法避免的。



智能体类型

简单反射智能体

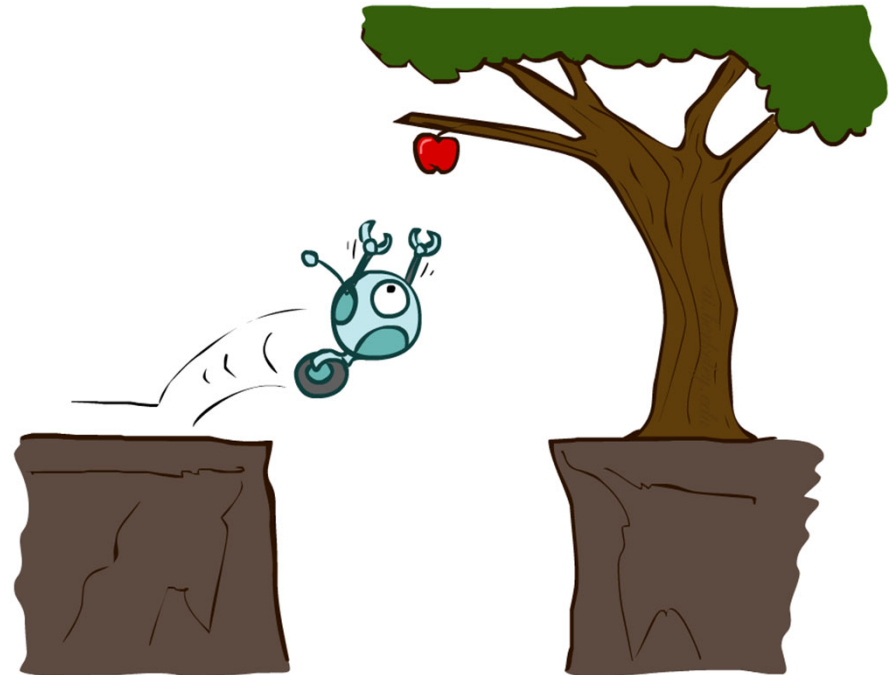
- 背景知识：条件-行为规则
 - 如果有灰尘，那么吸尘
 - 如果前方车辆在刹车，那么刹车

人类也有很多这样的联接，

有些是学习得到的反应

（驾车），有些是先天反

射（眨眼）



智能体类型

简单智能体的算法

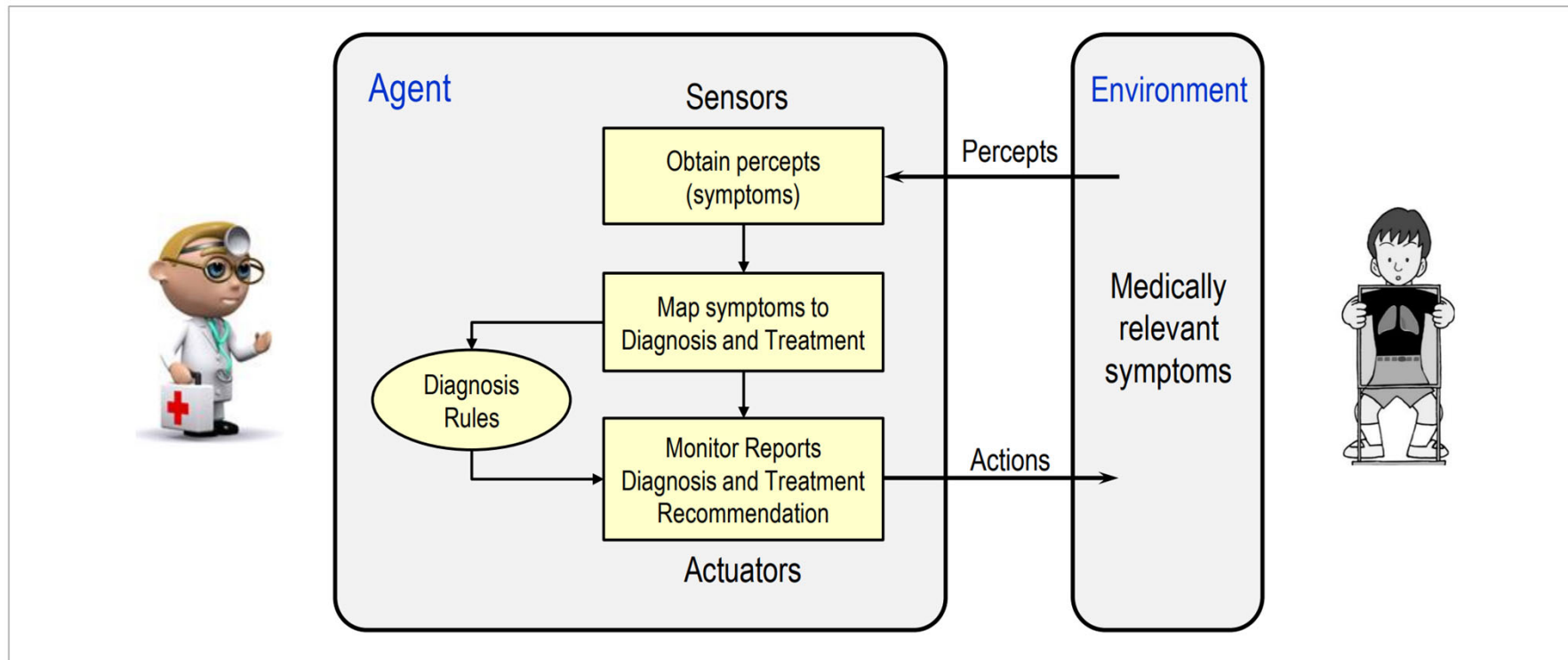
```
function SIMPLE-REFLEX-AGENT(percept) returns an action
  persistent: state, the agent's current conception of the world state
               rules, a set of condition–action rules
               action, the most recent action, initially none
  state ← INTERPRET-INPUT(percept)
  rule ← RULE-MATCH(state, rules)
  action ← rule.ACTION
  return action
```

一个简单反射智能体。它按照规则动作，其条件匹配由感知所定义的当前状态



智能体类型

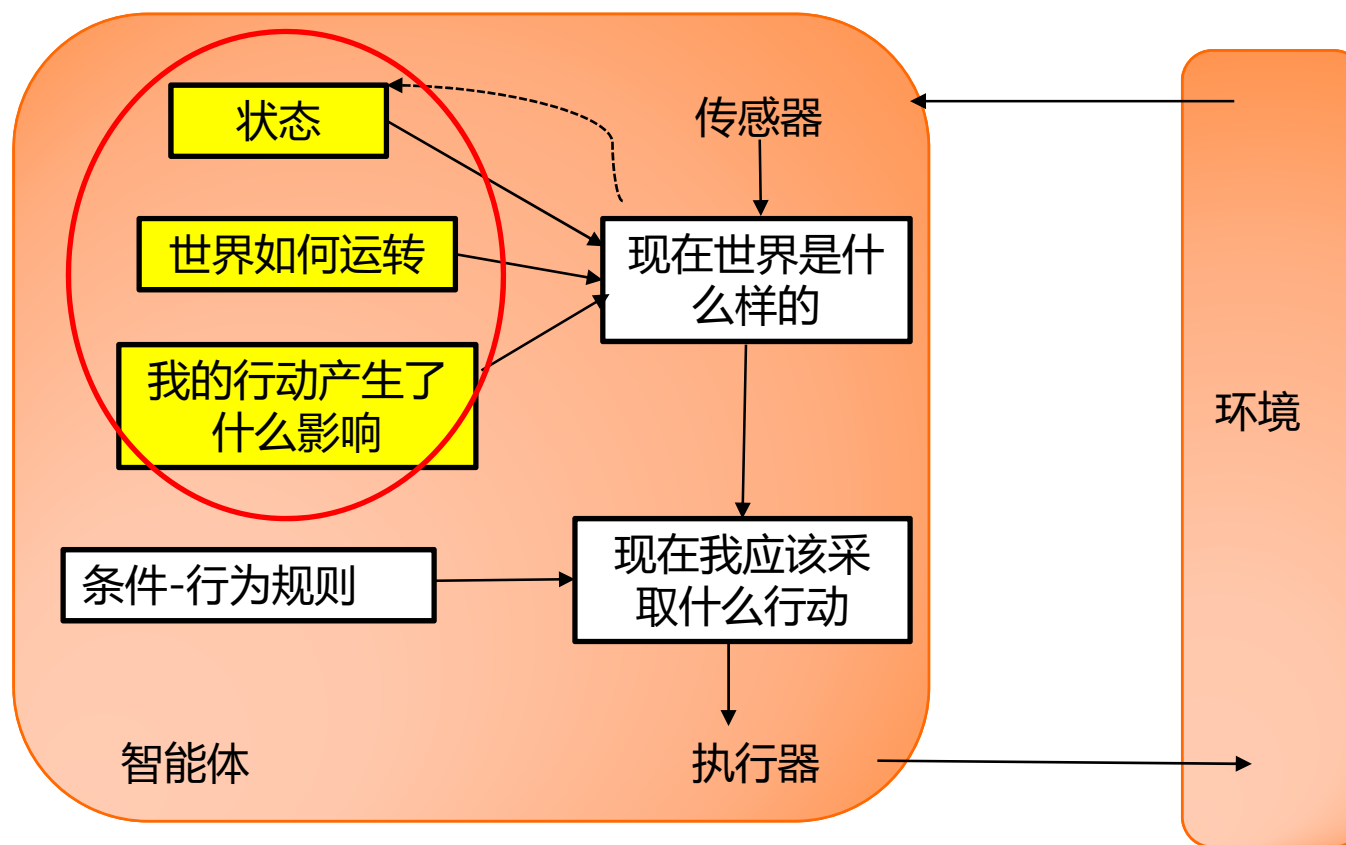
一个简单智能体



一个用于医学诊断和治疗建议的简单反射智能体结构

基于模型的反射型智能体结构

- ❑ 可以处理部分可观测环境。
- ❑ 其当前状态存储在智能体中，维护某种结构，它描述不可见外部环境的一部分。



“世界如何运转”的知识称为**世界模型**
利用当前感知的信息与过去的内部状态结合起来**更新当前状态**。
背景知识: rules、state、model、action

智能体类型

基于模型的反射型智能体

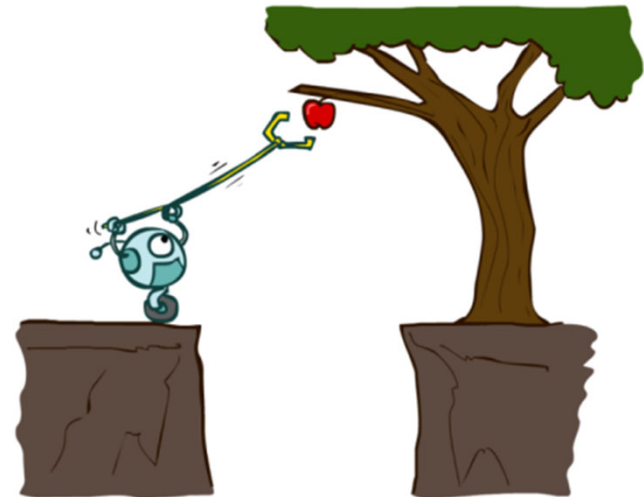
- 关于“外部环境如何运作”的知识被称为一个外部环境模型，由此得名“基于模型的智能体”。
- 基于模型的反射智能体将保持某种内部模型。
- 内部模型依赖于感知的历史，因此至少反射某些当前状态无法观测的方面。
- 然后它作为反射智能体以某种方式选择动作。



智能体类型

基于模型的反射型智能体

- 处理部分可观测环境的有效途径，是让Agent跟踪记录历史感知（现在看不到那部分世界）例如：感知到后面的车正在超车，根据模型得出目前处于什么状态（下一刻会靠近本车），根据状态得出行为。
- Agent应该**根据感知历史，维持内部状态**



智能体类型

基于模型的反射型智能体的算法

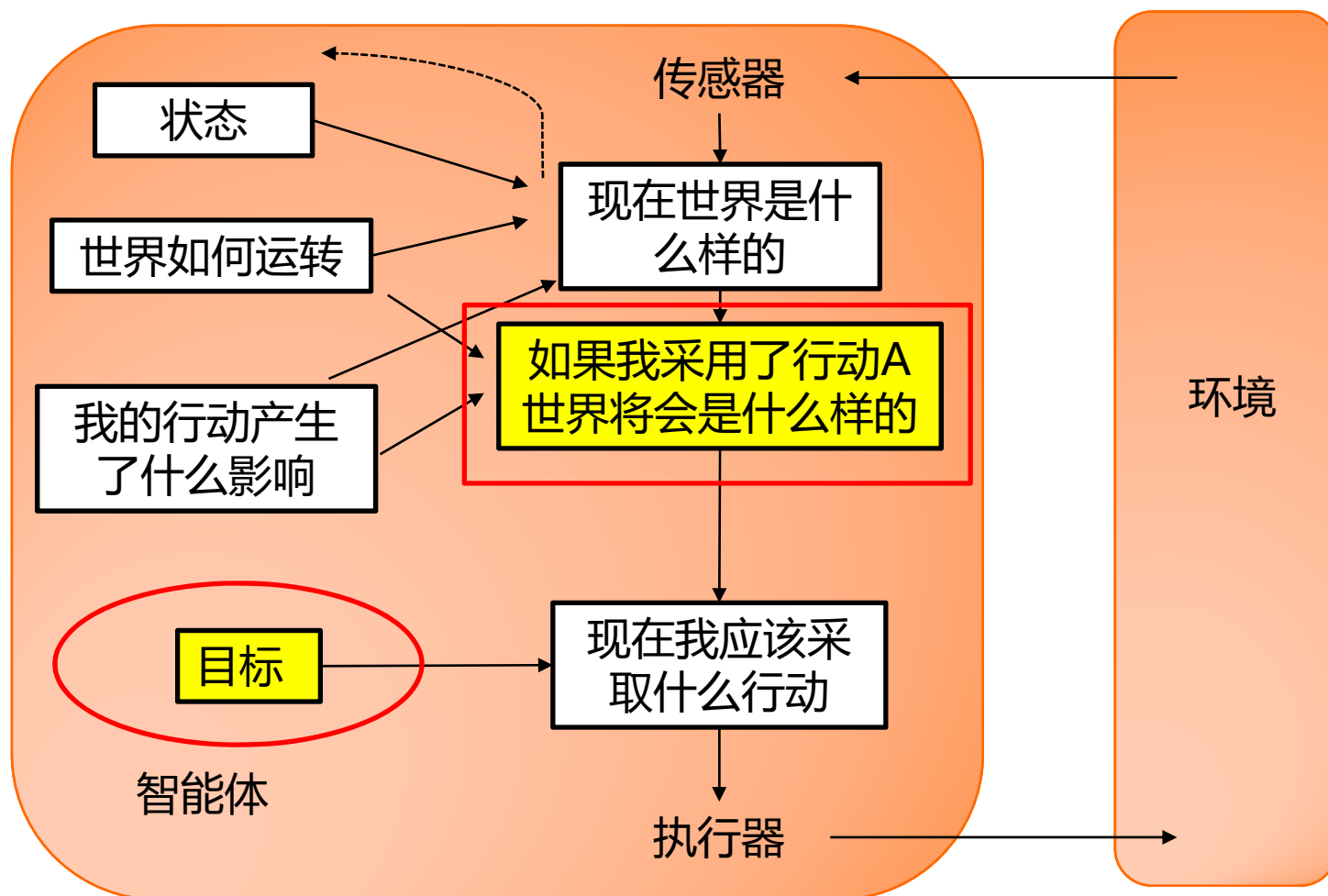
```
function MODEL-BASED-REFLEX-AGENT(percept) returns an action
  persistent: state, the agent's current conception of the world state
               model, a description of how the next state depends on current state and action
               rules, a set of condition–action rules
               action, the most recent action, initially none
  state ← UPDATE-STATE(state, action, percept, model)
  rule ← RULE-MATCH(state, rules)
  action ← rule.ACTION
  return action
```

一个基于模型的反射智能体算法。它采用一个内部模型来保持当前外部环境状态的轨迹。
然后用等同于简单反射智能体的方式选择一个动作。



基于目标的智能体结构

□ 通过利用“目标”信息，基于目标的智能体进一步扩展了基于模型的智能体的功能。



智能体类型

基于目标的智能体

- 目标信息描述所希望的情形。
- 它允许智能体在多个可能性之间选择一种方式，挑选出达到目标状态的那一个。
- 搜索和规划是人工智能的子领域，致力于发现达到智能体目标的动作序列。
- 在某些情况下，基于目标的智能体似乎不太有效。
- 但它更灵活，因为这种支持其决策的知识明显地展示出来，并且可以被修改。

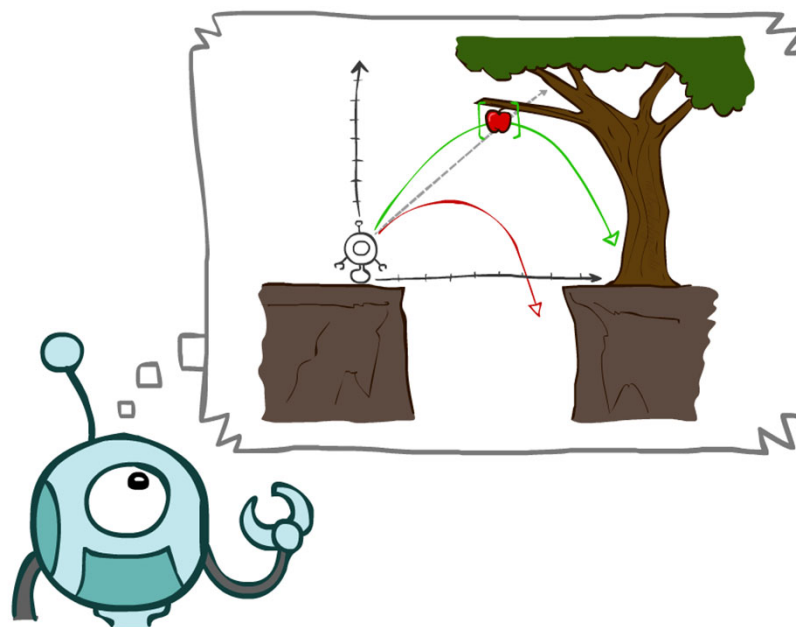


智能体类型

基于目标的智能体

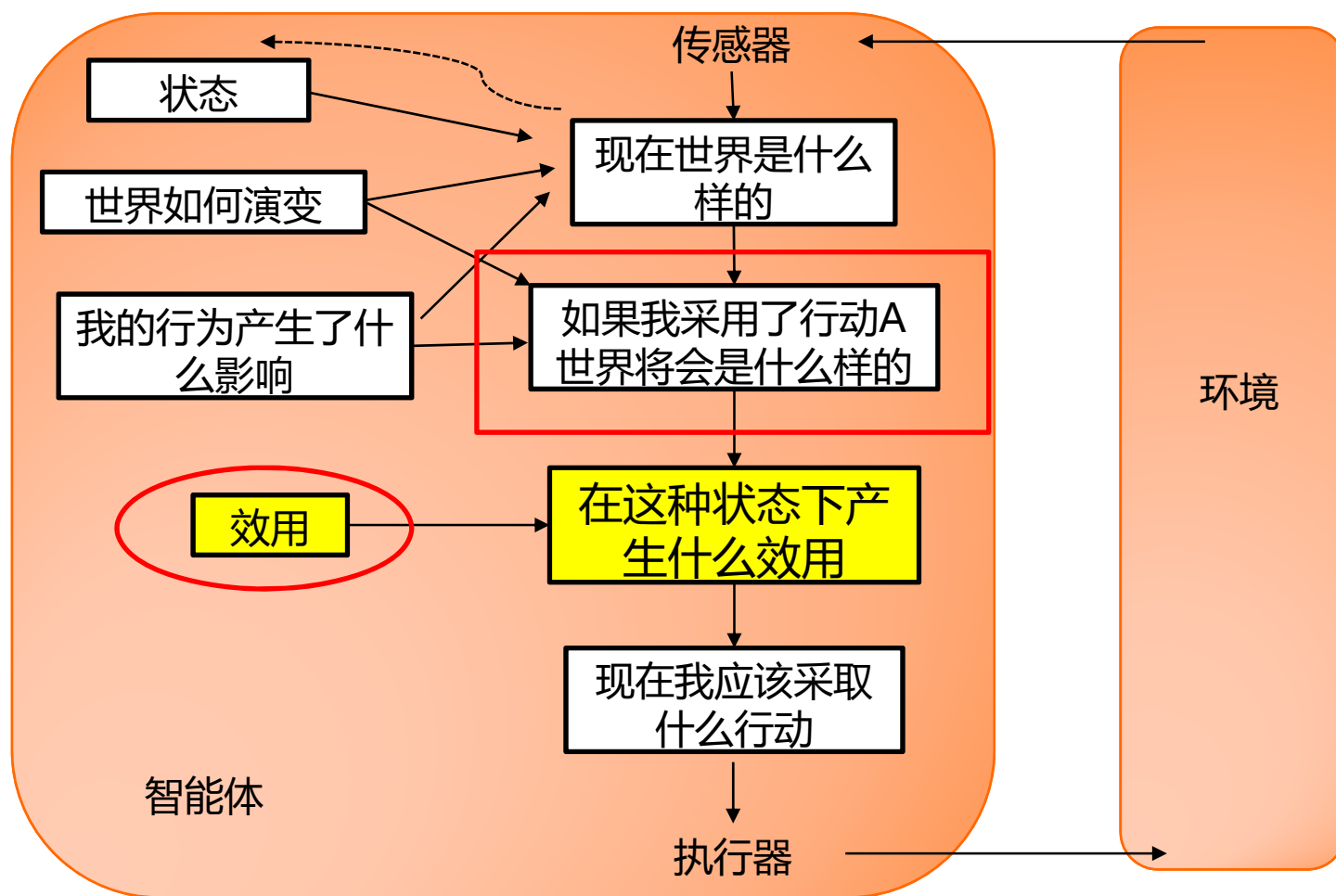
□除了当前状态，还需要**目标信息**来描述想要达到的状况

例如：在路口，出租车可以右转、左转和直行，如何行动取决于要到达的目的地



基于效用智能体结构

- 一个特殊的状态可通过一个效用函数得到，该函数将一个状态映射到一个该状态效用的度量。

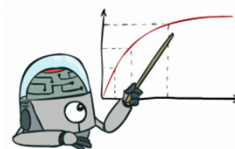


智能体类型

基于效用智能体

- 一种更通用的性能度量，应该根据他们使得智能体多么“高兴”的程度，允许对不同的外部环境 状态进行比较。
- 效用这个术语，可用于描述智能体是多么高兴。
- 一个理性的基于效用的智能体选择动作，将动作结果的期待效应最大化。
- 一个基于效用的智能体需要建模并记录环境、任务的轨迹，这涉及大量的感知、表征、推理、和 学习的研究。

Maximize Your
Expected Utility

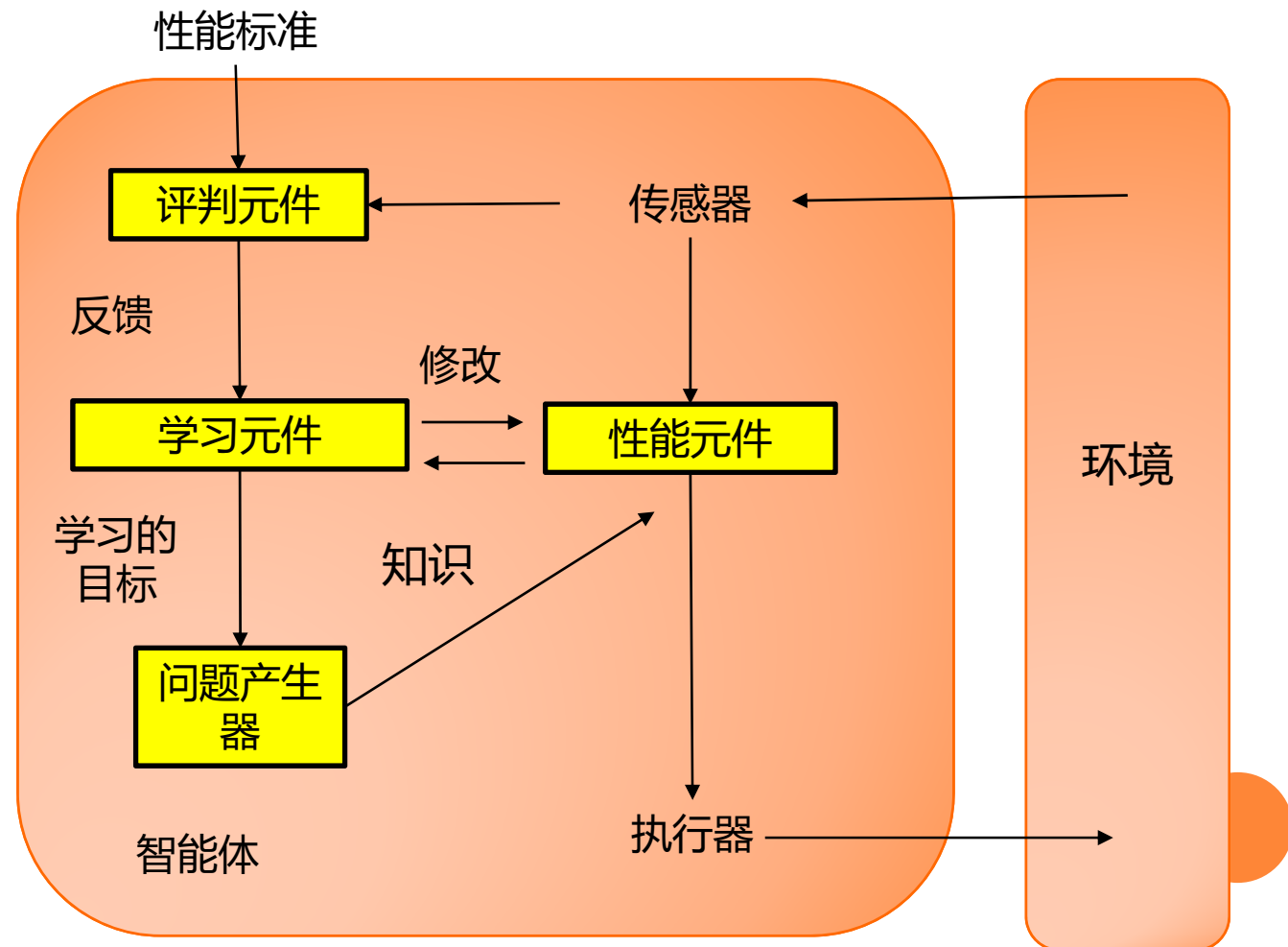


学习型智能体结构

- 学习允许智能体最初在未知的环境中运行，并且与其最初的知识相比，会变得越来越胜任。

学习Agent的四个组件：

- 学习元件
- 性能元件
- 评判元件
- 问题产生器



智能体类型

学习智能体

□学习要素

它利用评论者对智能体如何动作的反馈，然后决定应该如何修改性能要素以便未来做得更好。

□性能要素

它是我们曾考虑过的什么是完整的智能体：它获得感知并且决定动作。

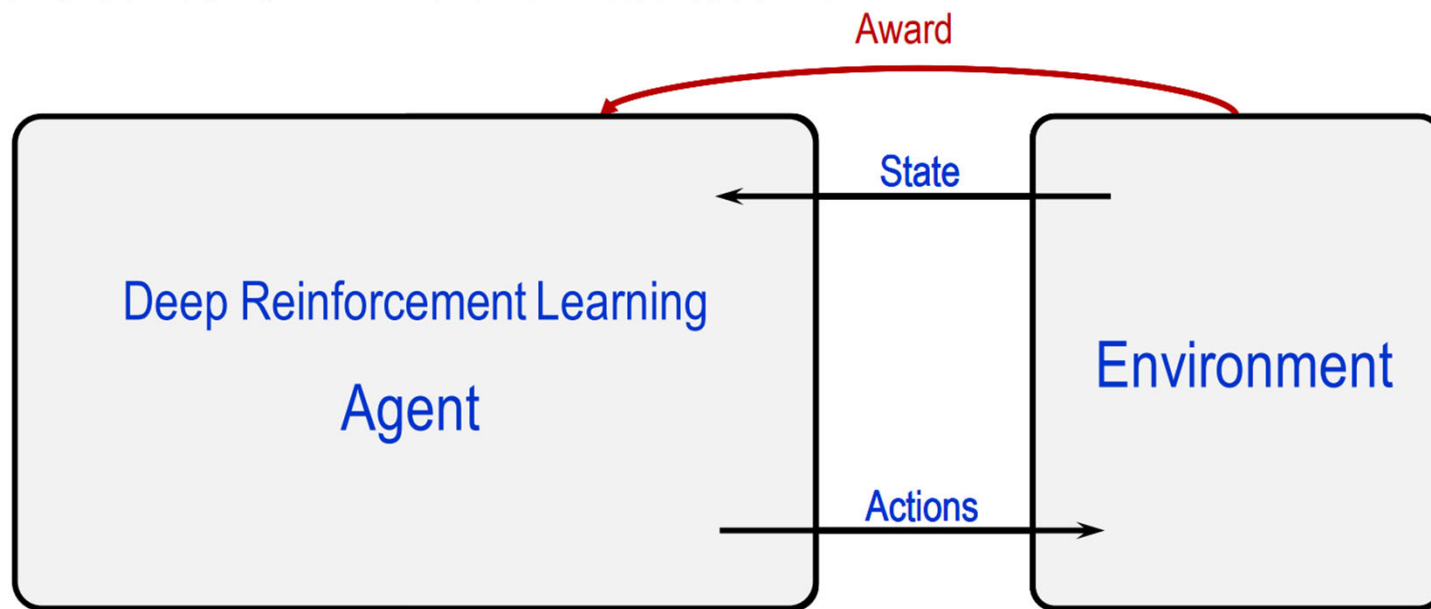
□问题发生器

它对推荐的动作负责，这将形成新的经验。



深度强化学习

- ❑ DeepMind采用深度强化学习的方法，在某些Atari游戏上，已超过人类玩家的水平。
- ❑ 他们新的智能体架构的性能超过了以往的所有方法。



智能体的分类法

