

지능적 에이전트

한경수
성결대학교 컴퓨터공학과

1

Introduction



- 우리의 목표: **Weak AI**
 - 이성적으로 행동하는 시스템
 - 이성적 에이전트

한경수

2

학습 목표



- 이론지식 응용 역량
 - 이성적 에이전트의 개념을 설명할 수 있다.
 - 인공지능의 작업 환경을 PEAS로 정의하고 특징을 분석할 수 있다.
 - 에이전트의 구조와 차이점을 이해할 수 있다.

한경수

3

3



이성적 에이전트

에이전트(agent)? 대리인, 스파이/요원, **행위자**

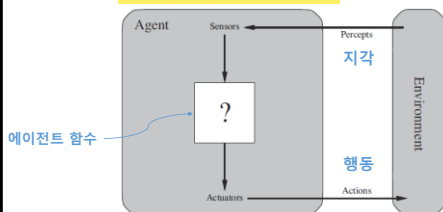
한경수

4

4

에이전트

- 센서를 통해 환경을 **지각하고**, 작동기를 통해 환경에 행동을 취하는 개체
 - 예: **인간, 로봇, 소프트웨어**



한경수

5

5

에이전트 함수와 에이전트 프로그램

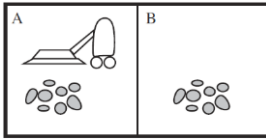
- 에이전트 함수
 - 에이전트의 **행위**는 에이전트 **함수로 표현됨**
 - 지각 시퀀스 → 행동
 - 지각 시퀀스(percept sequence): 모든 센서들로부터 **지각되는 전체 내역**
 - 인공 에이전트의 **에이전트 함수**는 에이전트 **프로그램으로 구현됨**

한경수

6

6

예: 청소 로봇



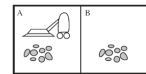
- 지각: [A, Dirty]
- 행동: {Left, Right, Suck, NoOp}
- 청소 로봇은 어떻게 행동해야 하는가?
즉, 알맞은 에이전트 함수는?

한영수

7

7

예: 청소 로봇



- 에이전트 함수 예
 - 현재 위치가 지저분하면, Suck
 - 그렇지 않으면, 다른 위치로 이동

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
i	i

- 적절한가? 지능적인가?

한영수

8

8

성능 척도

- performance measure
- 청소 로봇의 성능 척도 예
 - 일정 시간 동안 깨끗해진 위치 마다 +1
 - 한 시간마다 각 깨끗한 위치에 대해 +1, 이동하면 -1, 전기를 일정량 이상 소모하면 -1

한영수

9

9

이성적 에이전트

- rational agent
- 지금까지의 **지각 시퀀스**와 에이전트가 알고 있는 **지식**에 근거하여,
- **성능 척도**를 **최대화**할 것으로 기대되는 **행동**을 선택
- 정보 수집(탐사;exploration), 학습, 자율성 (autonomy) 필요
- 이성적 에이전트 → 지능적 에이전트(intelligent agent)

한영수

10

10

작업 환경
(Task Environment)

이성적 에이전트 설계 시, 가장 첫 단계는 작업 환경을 가능한 한 충분히 명시하는 것

한영수

11

11

작업 환경

- PEAS 표현 이용
 - P: 성능 척도(Performance measure)
 - E: 환경(Environment)
 - A: 작동기(Actuators)
 - S: 센서(Sensors)

한영수

12

12

예: 자율주행 택시 작업 환경

- 성능 척도
 - 안전, 신속, 규정 준수, 편안함, 이윤 극대화, 다른 도로 이용자에 대한 영향 최소화
- 환경
 - 도로, 다른 차량들, 보행자, (잠재)승객, 날씨
- 작동기
 - 조종장치, 액셀, 브레이크, 방향지시등, 경적, 디스플레이, 음성 합성기
- 센서
 - 카메라, 레이더, 속도계, GPS, 엔진 센서, 연료측정기, 마이크, 터치스크린

한영수

13

13

작업 환경 특징

- 완전 관측 가능 vs. 부분 관측 가능
 - 센서가 항상 환경의 모든 상태를 감지하는가?
 - 완전 관측 가능: 세계를 기록하는 내부 상태를 유지할 필요 없음
 - 부분 관측 가능의 원인:
 - 잡음이 섞이거나 부정확한 센서
 - 상태의 일부가 센서 데이터에 포함되지 않음(감지 불가능); 예: 청소기, 자율주행 택시
- 결정적 vs. 비결정적
 - 환경의 현재 상태와 에이전트가 수행한 행동만으로 환경의 다음 상태가 전적으로 결정되는가?
 - 완전 관측이 아니거나, 결정적이지 않은 환경 → 불확실한(uncertain) 환경
 - 비결정적이면서 불확실성을 확률로 다루는 경우: 확률적(stochastic) 환경
- 단편적(episodic) vs. 순차적(sequential)
 - 에이전트의 이전 사건(episode)에서의 행동이 다음 사건에서의 행동 선택에 영향을 미치는가?
 - 대부분의 분류 문제: 단편적(예: 부품 결함 탐지); 체스, 택시: 순차적

한영수

14

14

작업 환경 특징

- 정적 vs. 동적
 - 에이전트가 행동을 결정하기 위해 고민하는 동안 환경이 변할 수 있는가?
 - 반 동적(semidynamic): 시간 흐름에 따라 환경 자체는 변하지 않으나 에이전트의 성과 점수가 변할 수 있는 경우 (예: 시간제한 체스 게임)
- 이산적 vs. 연속적
 - 환경 상태, 시간, 지각, 행동 등
 - 예: 체스, 택시 주행
- 단일 에이전트 vs. 다중 에이전트
 - 작업에 참여하는 에이전트 수
 - 경쟁적 vs. 협력적

한영수

15

15

작업 환경 특징 - 예

- 자율주행 택시
 - 부분관측 가능, 확률적, 순차적, 동적, 연속적, 다중 에이전트
- 낱말 퍼즐(crossword puzzle) ?
 - 완전관측 가능, 결정적, 순차적, 정적, 이산적, 단일 에이전트

한영수

16

16

작업 환경 특징

- 알려진(known) vs. 알려지지 않은(unknown)
 - 환경 자체가 아니라, 환경의 물리 법칙을 에이전트가 알고 있는지의 여부
 - 알려진 환경: 모든 행동의 결과 혹은 결과의 확률 (비결정적 환경)이 주어짐
 - 알려지지 않은 환경: 좋은 결정을 하기 위해 환경이 어떻게 작동하는지를 에이전트가 알아가야 함
 - [알려진/알려지지 않은]은 [완전/부분 관측 가능]과 다름
 - 알려졌지만 부분 관측 가능 환경일 수 있음: 예: 솔리테어 카드 게임
 - 알려지지 않았지만 완전 관측 가능일 수 있음: 예: 새 비디오 게임

한영수

17

17



에이전트의 구조

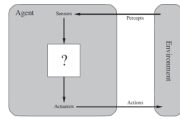
한영수

18

18

에이전트의 구조

- 인공지능 분야에서 할 일은 **에이전트 프로그램**을 설계하는 것
- 에이전트 프로그램
 - 에이전트 **함수를 구현**
 - 물리적인 센서와 작동기로 구성된 어떤 컴퓨팅 장치(아키텍처)에서 실행



한경수

19

19

에이전트의 구조

- 에이전트 = **아키텍처 + 프로그램**
- 아키텍처는 ...
 - 센서로부터의 지각을 프로그램에 제공
 - 프로그램 실행
 - 프로그램의 행동 선택 결과를 **작동기로 전달**

한경수

20

20

에이전트의 유형

- 단순 반응 에이전트**
(simple reflex agent)
- 모델 기반 반응 에이전트**
(model-based reflex agent)
- 목표 기반 에이전트**
(goal-based agent)
- 효용 기반 에이전트**
(utility-based agent)

한경수

21

21

단순 반응 에이전트

- 현재 지각만을 바탕으로 행동 선택**



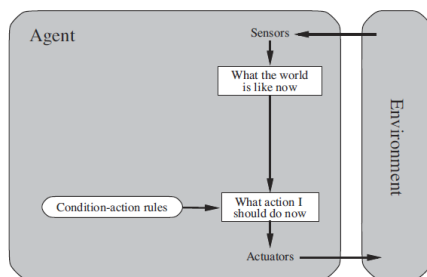
- 조건-행동 규칙 형태로 표현할 수 있음**
 - if (앞 차가 브레이크 작동한다)
then (브레이크를 작동한다)

한경수

22

22

단순 반응 에이전트



한경수

23

23

단순 반응 에이전트

- 단순함. 제한적 지능
- 환경이 **완전 관측 가능할 때만 작동함**
- 완전 관측이 불가능하다면?



한경수

24

24

모델 기반 반응 에이전트

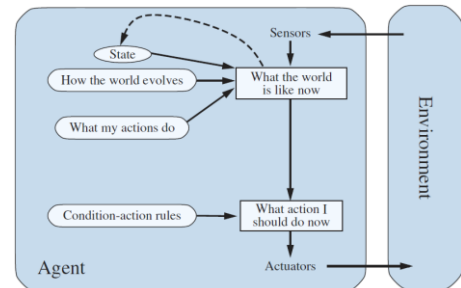
- 세계의 어떤 부분을 현재 관측 못하는지 기록/관리
 - 지각 히스토리(percept history)에 의존적인 내부 상태(internal state)를 유지 → **현재 상태의 관측되지 않은 일부 측면을 반영**
- 시간 흐름에 따라 내부 상태 업데이트를 위해 세계에 대한 두 가지 **모델(지식)** 필요
 - 세계가 어떻게 작동해(변화해) 가는가에 관련된 지식; 세계의 **전이 모델(transition model)**
 - 에이전트 행동의 결과
 - 예: 열차를 사계방향으로 돌리면 차량이 오른쪽으로 방향 전환된다.
 - 에이전트와 독립적으로 세계가 진화해 가는 방식
 - 예: 비가 오면 차량 카메라가 젖을 수 있다.
 - 세계의 상태가 에이전트 지각에 어떻게 반영되는가에 관련된 지식; **센서 모델(sensor model)**
 - 예: 앞 차량이 브레이크를 작동하면, 전면 카메라 이미지에 붉게 빛나는 영역이 하나 이상 생길 것이다.
 - 예: 카메라가 찢으면, 물방울 모양의 개체들이 이미지에 나타나서 도로를 부분적으로 보기 어렵게 만들 것이다.

한영수

25

25

모델 기반 반응 에이전트



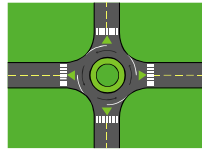
한영수

26

26

목표(Goal) 기반 에이전트

- 어디로 갈 것인가?



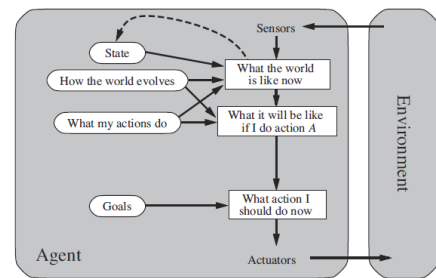
- 현재 상태 뿐만 아니라, 바람직한 상황을 표현한 **목표(goal)**가 필요함
- 목표를 달성하는 **행동 시퀀스**를 찾아야 함: **탐색(search), 계획(planning)**

한영수

27

27

목표 기반 에이전트



한영수

28

28

목표 기반 에이전트

- 반응 에이전트와의 **차이점**
 - **미래에 대해 고려함**
 - "이 행동들을 하면 어떤 일이 발생할 것인가?"
 - "**그 결과 나는 만족할까?**"
 - **추론**
 - **유연성**
 - 지식이 명시적으로 표현되고 수정될 수 있음
 - **새로운 상황에 적용하기 위해**
 - 목표기반 에이전트는 지식(목표)만 수정하면 되지만,
 - 반응 에이전트는 조건-행동 규칙을 재작성해야 함

한영수

29

29

효용 기반 에이전트

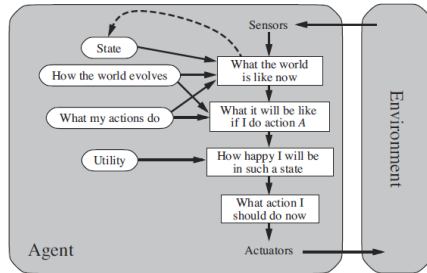
- 목표를 달성할 수 방법이 **여러 가지**이면?
- 목표는 만족/불만족 두가지로만 상태 구분 가능
 - 세계 상태가 에이전트를 얼마나 만족시킬 수 있을지에 따라 다양한 상태들을 비교할 수 있는 보다 일반적인 **성능 척도** 필요 → **효용(utility)**
- **효용 함수(utility function)**
 - 상태(혹은 상태열)를 실수로 매핑
 - 에이전트 내부에 **존재**
 - 성능 척도는 에이전트 외부 환경에 해당
 - **효용 함수와 성능 척도가 일치/조화롭다면**, 내부 효용을 최대화하는 행동을 선택한 에이전트가 외부 성능 척도로 **이상적이라 평가받을 수 있음**

한영수

30

30

효용 기반 에이전트



한경수

31

31

효용 기반 에이전트

- 목표들이 부적당한 상황에서도 **이성적인 의사결정**을 내릴 때 **유용함**
 - **상충되는 목표(예: 신속, 안전)**가 있고 그 **일부만 달성 가능할 때**
 - **효용 함수가 적절한 절충점을 지정**
 - 목표가 여러 가지이고 어떤 것도 **확실히 달성할 수 없을 때**
 - 목표의 중요도에 따라 성공 가능성이 **효용 함수로 계량화** 될 수 있음

한경수

32

32

학습 에이전트

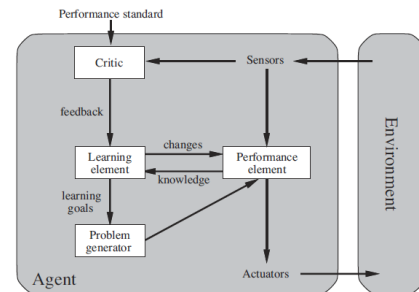
- **모든 유형의 에이전트는 학습 에이전트 (learning agent)로 구축 가능**
- **학습의 장점**
 - 새로운 환경에서도 작동 가능
 - 이전의 지식만으로 하는 것보다 더욱 능숙해짐

한경수

33

33

학습 에이전트



학습: 이용 가능한 피드백 정보에 더욱 부합해지도록 에이전트의 각 구성요소를 수정하여, 에이전트의 전반적인 성능을 향상시키는 과정

34

34

학습 에이전트: 구성 요소

- **수행 요소(performance element)**
 - 외부 행동 선택의 책임
 - 다른 유형의 에이전트 전체에 해당
 - 지각을 입력 받아 행동을 결정
- **학습 요소(learning element)**
 - 개선을 이루어내는 책임
 - 에이전트가 얼마나 잘 하고 있는지에 관한 비평부(critic)의 피드백을 이용하여, 미래에 더 잘 할 수 있도록 수행 요소를 어떻게 수정해야 할 지 결정
 - 학습 요소의 설계는 수행 요소 설계에 크게 의존
 - 수행 요소 설계가 주어진다면 에이전트의 모든 부분을 개선하도록 학습 메커니즘은 구축될 수 있음

한경수

35

35

학습 에이전트: 구성 요소

- **비평부(critic)**
 - 고정된 성과 기준(performance standard)에 따라 에이전트가 얼마나 잘하고 있는지 학습 요소에 알려줌
 - 지각들 자체는 에이전트의 성공에 관해 알려주지 않음
 - 예: 지각 - 상대를 체크메이트 상태로 몰았음. 이것이 좋은 일인가? → 성과 기준 필요
- **문제 생성기(problem generator)**
 - 새롭고 유익한 경험으로 이어질 행동들을 제안
 - 수행 요소만 독자적으로 동작한다면, 아는 범위 내에서 계속 최선의 행동을 취함
 - 탐험을 조금 하기로 하고 단기적으로는 덜 최적인 수 있는 행동들 취한다면 장기적으로는 더 좋은 행동을 발견할 수도 있음; 문제 생성기가 탐험적 행동들을 제안

한경수

36

36

정리



- 이성적 에이전트
 - 에이전트 함수, 에이전트 프로그램
 - 이성적 에이전트
- 작업 환경
 - PEAS
- 에이전트 구조
 - 단순 반응 에이전트, 모델 기반 반응 에이전트, 목표 기반 에이전트, 효용 기반 에이전트
 - 학습 에이전트

한영수

37

37



정리 문제 풀이

한영수

38

38

정리 문제 1: 작업 환경 정의

- 다음 에이전트의 작업 환경을 PEAS 표현으로 표현하시오.
 - 축구 로봇
 - 인터넷 책 구매 에이전트
- 위 에이전트의 작업 환경의 특징을 분석하시오.

한영수

39

39