

Chapter1. Introduction (소개)

1. 아래에 출현 가능한 가사 도우미 인공지능형 로봇은 청소, 세탁, 요리 및 기타 심부름 등을 담당할 것으로 예측이 된다. Total Turing test 에 나오는 6가지 능력(capabilities) test의 각각에 대해 설명하고 이러한 로봇에 적용될 수 있는 개념/예를 들으시오.

답)

- 1) 자연어 처리: **영어**(자연어를 뜻하거나 진짜 영어를 뜻할 수 있음)를 **이용한** 성공적인 의사소통을 위한 **자연어 처리(NLP)**
- 2) 지식 표현: 알고 있는 또는 들은 것을 저장하기 위한 **지식표현(knowledge representation)**
- 3) 자동 추론: 저장된 정보를 이용해서 질문에 답하고 새로운 결론을 도출하기 위한 **자동추론(automated reasoning)**
- 4) 기계 학습: 새로운 상황에 적응하고 패턴들을 외삽(extrapolation)하기 위한 **기계학습(machine learning)**
- 5) 컴퓨터 비전: 물체를 인식하기 위한 **컴퓨터 비전(computer vision)**
- 6) 로봇 공학: 물체를 조작하고 이동하기 위한 **로봇공학 능력(robotics)**

cf) 예시는 인공지능형 가사도우미 로봇에서 들면 될 듯

2. Intelligent agent의 출현으로 나타난 두 가지 결과(consequences)에 대해 설명하시오.

답)

- 1) **이제는 감지 시스템이 환경에 대한 완벽하게 믿을 만한 정보를 제공하지 못한다는 인식이 널리 받아들여지고 있다.** 추론과 계획 수립시스템(reasoning and planning system)은 반드시 불확실성을 처리할 수 있어야 한다.
- 2) AI가 **제어이론과 경제학처럼 에이전트를 다루는** 다른 분야와 훨씬 더 가깝게 접촉하게 됐다는 것이다. **로봇 자동차 제어의 최근 발전은 더 나은 감지기, 위치 결정과 지도작성, 감지의 제어 이론적 통합,** 그리고 일정 정도의 고수준 계획 수립과 같은 다양한 접근방식의 혼합에 의해 비롯된 것이다.

3. 다음 용어들을 정의하시오.

a) agent b) agent function c) agent program d) rationality e) autonomy

답)

- a) **agent** : 자신의 환경을 지각하고 그 환경안에서 행동하는 어떤 것
- b) **agent function** : 임의의 지각열에 대한 반응으로 에이전트가 취할 동작을 지정한다
- c) **agent program** : 에이전트 함수를 어떤 물리적인 시스템에서 실행되게 하는 구체적인 구현

d) **rationality** : 합리성, 지금까지의 지각열이 주어졌을 때 성과 측정의 기대값을 최대화하는 방식

e) **autonomy** : 자율성, 합리적인 에이전트는 자율적이어야 한다. 부분적이거나 부정확한 사전 지식을 학습을 통해 보완할 수 있어야 한다. 사전 지식과는 사실상 독립적으로 행동을 선택할 수 있게 된다.

cf) '자율주행 자동차의 자율의 의미와 비슷

Chapter2. Intelligent Agents (지능형 에이전트)

4. Rational agent를 설계하는데 task environment를 묘사하는 PEAS가 있다. 문제1에서 로봇의 한 형태라 볼 수 있는 "자율주행 청소 로봇"의 agent type을 묘사함에 있어 a) Performance measure b) Environment c) Actuators d) Sensors 가 될 수 있는 항목들을 보이시오.

답)

a) 깨끗한 바닥, 청소 범위, 빨아드린 먼지의 양 등

b) 거실, 방, 주방, 바닥 등

c) 디스플레이, 구동엔진, 모터, 걸레 등

d) 먼지 감지기, 속도계, **카메라 센서** 등

(출제가능성: 중간)

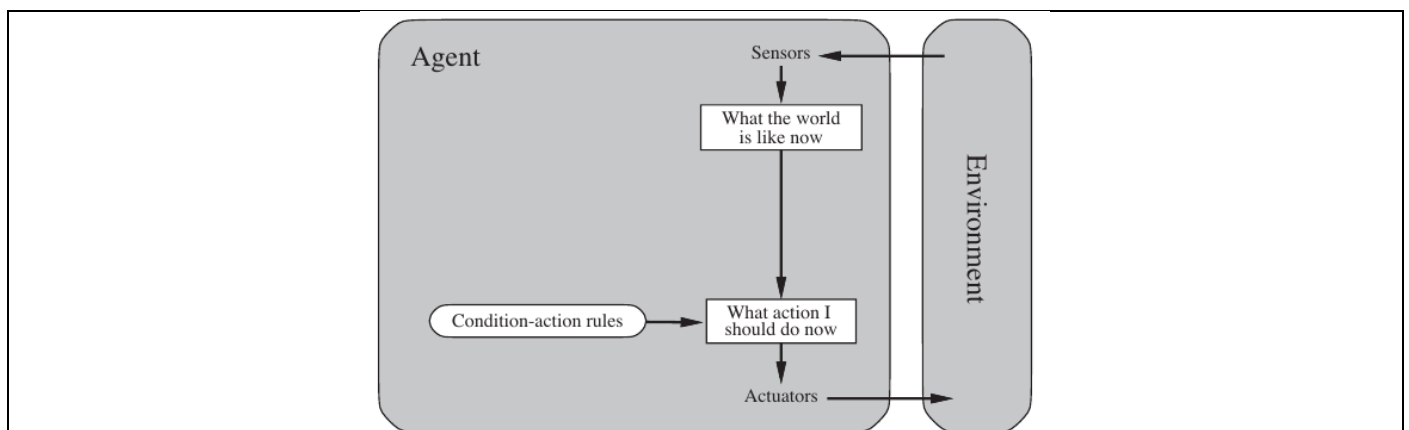
5. 문제 4번의 "자율주행 청소 로봇"을 가정하여

a) Simple reflex agents를 설계 및 설명하고 최소 한 개의 규칙을 보이시오.

b) Model-based reflex agents를 설계 및 설명하고 "자율주행 청소 로봇"에서 실제 발생 가능한 경우를 보이시오.

답)

a) **Simple reflex agents**; 지각에 의해 정의되는 현재 상태와 부합하는 규칙에 따라 동작한다.



function SIMPLE -R EFLEX -A GENT (*percept*) **returns** an action

persistent: rules, a set of condition-action rules

state ← INTERPRET -I NPUT (*percept*)

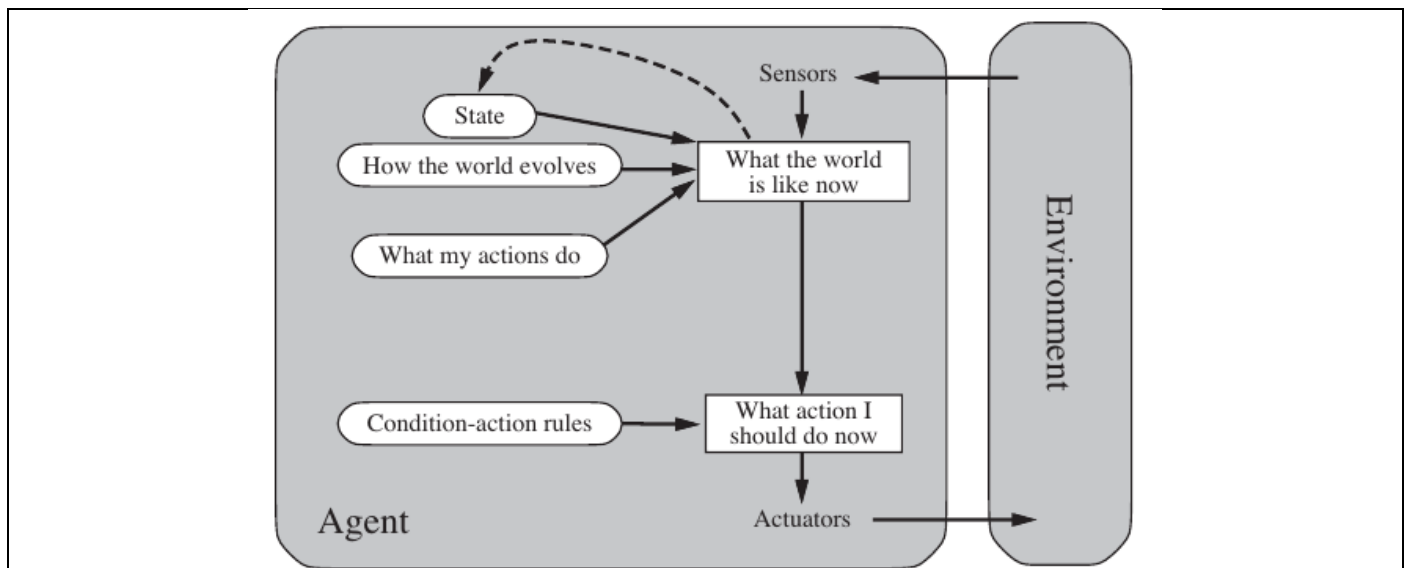
rule ← RULE -MATCH (*state*, *rules*)

action ← *rule*.ACTION

return *action*

최소 한 개의 규칙: 조건 동작 규칙(condition-action rule) - 먼지가 있어 센서에 의해 지각되면 빨아들이는 동작이 산출된다..

b) **Model-based reflex agents:** 내부 모델을 이용해서 세계의 현재 상태를 계속 추적한다. 그런 다음 반사 에이전트와 같은 방식으로 동작을 선택한다.



function MODEL -BASED -R EFLEX -A GENT (*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*

6. 문제 4번의 "자율주행 청소 로봇(진공 청소/물걸레 선택 가능)"이 8개의 카메라를 달아 360도 시야를 20m 범위 내에 의자나 책상등과 같은 장애물을 식별할 수 있다고 가정하자. 또한 바닥의 더러운 정도에 따라 진공이나 물걸레 청소를 선택 가능케 하는 센서와 장애물들을 이동시킬 수 있는 '로봇 팔'이 있다고 가정하자. 청소 공간(바닥)의 상태에 따라서는, 청소 속도/세기/기능(진공,물걸레)를 조절하는 것이 필요하다. 이와 연계하는 **Utility-based agents**를 설계/설명 하시오.

답)

세계의 모형과 세계의 여러 상태에 대한 자신의 선호도를 측정하는 효용함수를 사용한다. 이를 이용해서 에이전트는 최상의 기대 효용을 낳는 동작을 선택한다. 여기서 기대 효용은 모든 가능한 경과 상태들의 가중 평균으로,

각 결과의 확률이 가중치로 쓰인다.

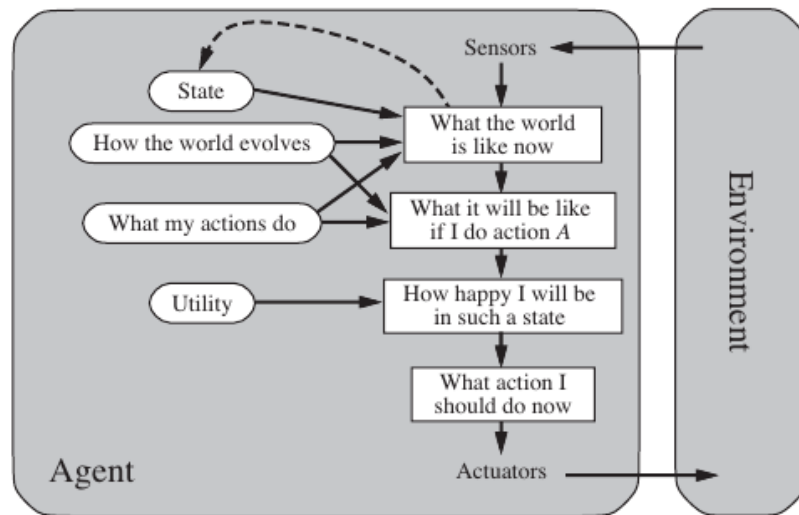


Figure 2.14 A model-based, utility-based agent. It uses a model of the world, along with a utility function that measures its preferences among states of the world. Then it chooses the action that leads to the best expected utility, where expected utility is computed by averaging over all possible outcome states, weighted by the probability of the outcome.

Chapter3. Solving Problems by Searching (검색을 통한 문제 해결)

7. 단지 두 location A와 B를 갖고 있는 진공청소기 문제를 가정하시오. 이 때 먼지가 있는 Dirty상태와 그때 Sucking을 통한 Clean상태로 나눌 수 있다. 이러한 toy 문제를 formulation 할 수 있도록 다음의 항목들을 묘사하시오. a) states b) Initial state c) actions d) transition model(complete state space를 그리시오) e) goal test f) path cost

답)

a) **states**: states는 에이전트의 위치와 먼지들의 위치 모두에 의해 결정 된다. 에이전트는 두 장소 중 하나에 있으며, 각 장소에는 먼지가 있을 수도 있고 없을 수도 있다. 따라서 가능한 세계 상태는 총 $2 \times 2^2 = 8$ 가지이다. 장소가 n 개인 조금 더 큰 환경이라면 상태의 수는 $n \times 2^n$ 이다.

b) **Initial state**: 어떤 상태라도 초기 상태로 지정될 수 있다.

c) **actions**: 이 간단한 환경에서 각 상태마다 가능한 동작은 *Left*, *Right*, *Suck* 세 가지 뿐이다. 더 큰 환경이라면 *Up*과 *Down*도 포함될 것이다.

d) **transition model(complete state space를 그리시오)** (각 동작이 하는일에 대한 서술) **동작마다 기대효과가 있다.** 단, 제일 왼쪽에서 *Left*이동, 제일 오른쪽 사각형에서의 *Right* 이동, 그리고 깨끗한 사각형에서의 *Suck*동작은 효과가 없다.

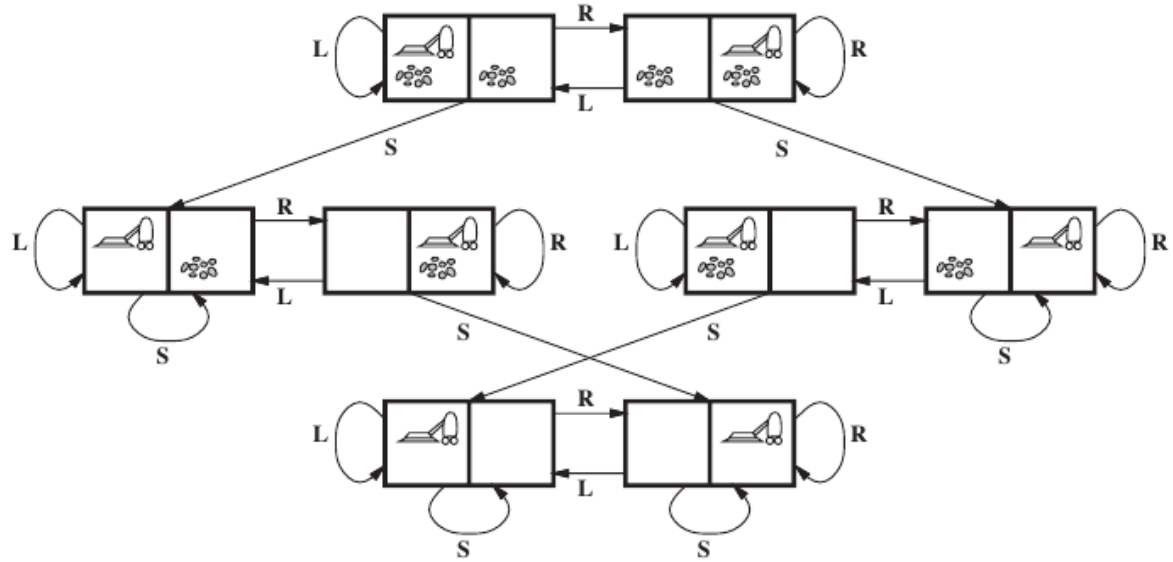


Figure 3.3 The state space for the vacuum world. Links denote actions: L = *Left*, R = *Right*, S = *Suck*.

e) **goal test:** 모든 사각형이 깨끗하면 목표가 달성

f) **path cost :** 각 단계의 비용을 1로 가정하므로 경로 비용은 경로의 단계 수

Chapter4. Beyond Classical Search (고급 검색 기법)

8. 문제 7번의 vacuum world의 확장이라 할 수 있는 erratic world에서는 Suck action은 아래와 같이 작동한다.

i) dirty location에서 suck action은 해당 location을 clean하게 하면서도 가끔 옆 location의 dirt(먼지)를 clean up 하기도 한다. ii) 또한 clean 한 location에서의 suck action이 가끔 dirt(먼지)를 거꾸로 내놓기도 한다. i)와 ii)의 상태를 표현할 수 있는 AND-OR search tree를 draw 하시오.

답)

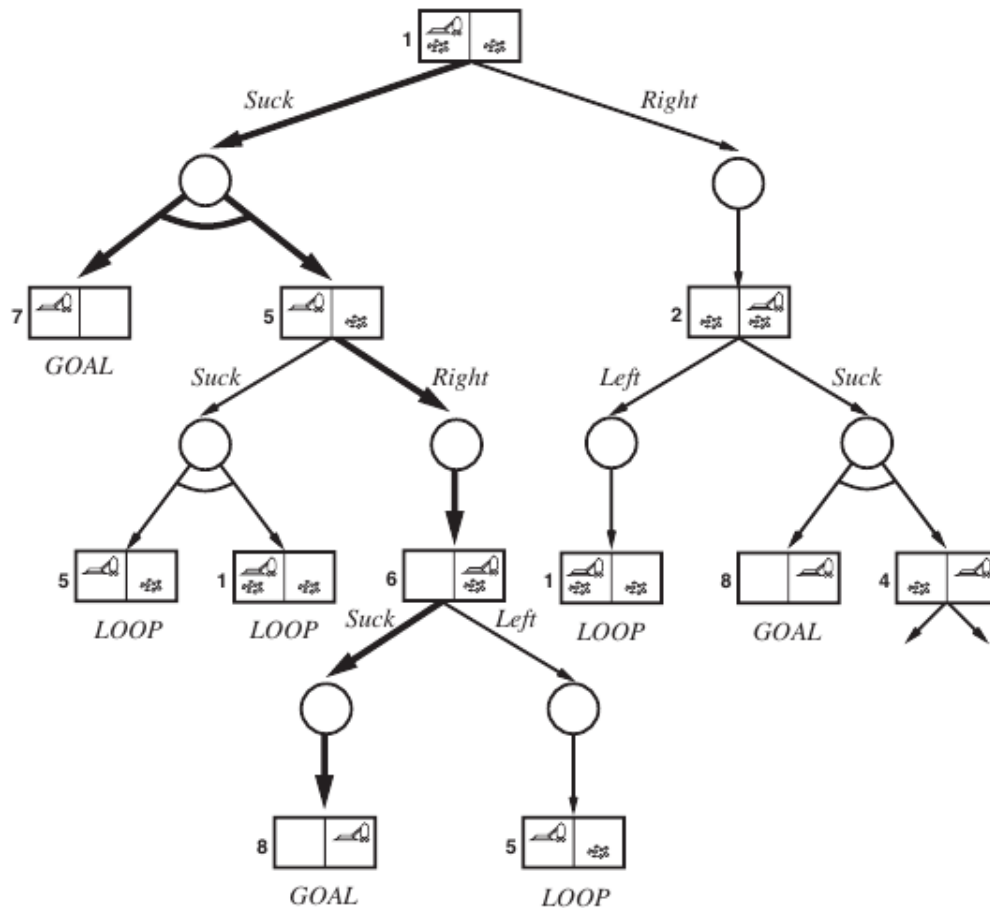


Figure 4.10 The first two levels of the search tree for the erratic vacuum world. State nodes are OR nodes where some action must be chosen. At the AND nodes, shown as circles, every outcome must be handled, as indicated by the arc linking the outgoing branches. The solution found is shown in bold lines.

해설) 상태 노드들은 어떤 동작이 반드시 선택되는 OR 노드이다. 원으로 표시된 AND 노드들에서는 모든 결과가 반드시 처리되어야 한다. 외향가지들을 잇는 원호가 이 점을 나타낸다, 발견된 해답은 굵은 선들로 표시되어 있다.

9. A*을 설명하시오. 그리고 admissible heuristic과 consistent heuristic을 정의/설명하시오. 또 A*에서 사용되는 heuristic function $h(n)$ 이 consistent 일 경우 "estimated cost of cheapest solution through n " $f(n)$ 의 value 들은 goal에 다다를 때까지 어떤 경로로도 줄지 않는다는 것을 증명하시오. (Chapter 3 내용임)

답)

A*: $f(n) = g(n) + h(n)$, 가장 널리 알려진 최선 우선 검색(best-first search). 노드에 도달하는 비용을 뜻하는 $g(n)$ 과 노드에서 목표로 가는 비용을 뜻하는 $h(n)$ 을 결합해서 노드를 평가.

admissible heuristic: $g(n)$ 은 현재 경로를 따라 n 에 도착하는 실제 비용이고, $f(n) = g(n) + h(n)$ 이므로, $f(n)$ 은 현재 경로를 따라 n 을 거쳐 가는 해답의 비용을 절대 과대 추정하지 않는다.

consistent heuristic: 다음 조건을 만족한다면 consistency하다.

$h(n) \leq c(n, a, n') + h(n')$. (이는 삼각형의 한 변이 다른 두 변의 합보다 길 수 없음을 뜻하는 일반적인 삼각부등식의 한 형태)

증명: $f(n') = g(n') + h(n') = g(n') + c(n, a, n') + h(n') \geq g(n) + h(n) = f(n)$.

10. Hill climbing search algorithm을 draw/sketch 하시오.

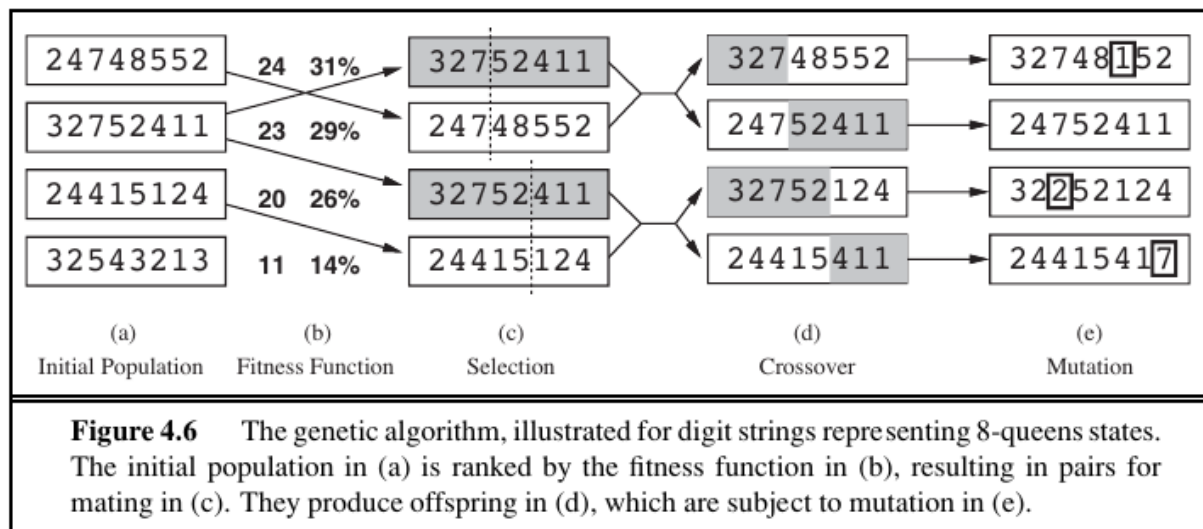
답)

```
function HILL-CLIMBING (problem) returns a state that is a local maximum
  current ← MAKE-NODE (problem.INITIAL-STATE)
  loop do
    neighbor ← a highest-valued successor of current
    if neighbor.VALUE ≤ current.VALUE then return current.STATE
    current ← neighbor
```

해설) 각 단계에서 현재 노드를 최상의 이웃 노드로 대체한다. 여기서 최상의 이웃은 VALUE가 가장 높은 이웃이지만, 발견법적 비용 추정함수(heuristic cost estimate) h를 사용할 때에는 h가 가장 낮은 이웃을 최상의 이웃으로 선택한다.

11. Genetic algorithm에서 수행되는 작업의 흐름을 draw/sketch 하시오.

답)



해설) (a) 초기 군집 (b) 적합도 함수 (c) 선택 (d) 교차 (e) 돌연변이

Chapter7. Logical Agent(논리적 에이전트)

문 제	하위문제	해답
1	a) Entailment의 formal definition 을 만드시오.	<p>답) $\alpha \models \beta$ if and only if $M(\alpha) \subseteq M(\beta)$</p> <p>해설) (먼저 $\alpha \models \beta$는 문장 α가 문장 β를 함축한다는 뜻이다. $M(\alpha)$은 α가 모형 M에서 참일 때 α의 모든 모형 집합을 뜻한다.) 만일 $M(\alpha) \subseteq M(\beta)$ 이면, 그리고 오직 그럴 때에만, $\alpha \models \beta$</p>
	b) Deduction theorem 을 기술하시오.	<p>답) For any sentences α and β, $\alpha \models \beta$ if and only if the sentence $(\alpha \Rightarrow \beta)$ is valid.</p> <p>해설) 임의의 문장 α와 β에 대해, 오직 $(\alpha \Rightarrow \beta)$가 유효할 때에만 $\alpha \models \beta$.</p>
	c) Modus Ponens inference rule 이 무엇인지 설명하시오	<p>답)</p> $\frac{(\alpha \Rightarrow \beta), \quad \alpha}{\beta}$ <p>이 표기는 $(\alpha \Rightarrow \beta)$와 α 형태의 임의의 문장들이 주어 졌을 때 문장 β를 추리할 수 있음을 뜻한다.</p>
	d) Full resolution rule 을 설명하시오.	<p>답)</p> <p>The unit resolution rule can be generalized to the full resolution rule,</p> $\frac{\ell_1 \vee \dots \vee \ell_k, \quad m_1 \vee \dots \vee m_n}{\ell_1 \vee \dots \vee \ell_{i-1} \vee \ell_{i+1} \vee \dots \vee \ell_k \vee m_1 \vee \dots \vee m_{j-1} \vee m_{j+1} \vee \dots \vee m_n},$ <p>where ℓ_i and m_j are complementary literals. This says that resolution takes two clauses and produces a new clause containing all the literals of the two original clauses <i>except</i> the two complementary literals. For example, we have</p> $\frac{P_{1,1} \vee P_{3,1}, \quad \neg P_{1,1} \vee \neg P_{2,2}}{P_{3,1} \vee \neg P_{2,2}}.$ <p>여기서 ℓ_i와 m_j가 complementary literal이다. 분해가 두개의 절을 취해서 두 절의 literal 중 서로 complementary literal을 제외한 모든 literal을 담은 하나의 새 절을 산출함을 뜻한다.</p>
2	a) B \Leftrightarrow (P \vee Q)를 conjunction normal form(CNF)로 converting 하시오	<p>답)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Eliminate \Leftrightarrow, replacing $\alpha \Leftrightarrow \beta$ with $(\alpha \Rightarrow \beta) \wedge (\beta \Rightarrow \alpha)$. $(B_{1,1} \Rightarrow (P_{1,2} \vee P_{2,1})) \wedge ((P_{1,2} \vee P_{2,1}) \Rightarrow B_{1,1}) .$ 2. Eliminate \Rightarrow, replacing $\alpha \Rightarrow \beta$ with $\neg\alpha \vee \beta$: $(\neg B_{1,1} \vee P_{1,2} \vee P_{2,1}) \wedge (\neg(P_{1,2} \vee P_{2,1}) \vee B_{1,1}) .$ 3. CNF requires \neg to appear only in literals, so we “move \neg inwards” by repeated application of the following equivalences from Figure 7.11: $\neg(\neg\alpha) \equiv \alpha \quad (\text{double-negation elimination})$ $\neg(\alpha \wedge \beta) \equiv (\neg\alpha \vee \neg\beta) \quad (\text{De Morgan})$ $\neg(\alpha \vee \beta) \equiv (\neg\alpha \wedge \neg\beta) \quad (\text{De Morgan})$ <p>In the example, we require just one application of the last rule: $(\neg B_{1,1} \vee P_{1,2} \vee P_{2,1}) \wedge ((\neg P_{1,2} \wedge \neg P_{2,1}) \vee B_{1,1}) .$</p> 4. Now we have a sentence containing nested \wedge and \vee operators applied to literals. We apply the distributivity law from Figure 7.11, distributing \vee over \wedge wherever possible. $(\neg B_{1,1} \vee P_{1,2} \vee P_{2,1}) \wedge (\neg P_{1,2} \vee B_{1,1}) \wedge (\neg P_{2,1} \vee B_{1,1}) .$
	b)	생략
	c) Ground resolution theorem 을 기술하시오.	<p>답) If a set clauses is unsatisfiable, then the resolution closure of those clauses contains the empty clause.</p> <p>해설) 만일 절들의 집합이 만족 불가능이면, 그 절들의 resolution closure에는 빈 절이 포함되어 있다.</p>

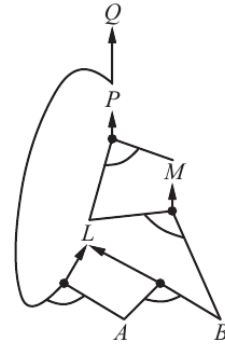
3

다음의 'Horn clauses의 set 에 대응하는 AND-OR graph를 draw 하시오.

$P \Rightarrow Q$
 $L \wedge M \Rightarrow P$
 $B \wedge L \Rightarrow M$
 $A \wedge P \Rightarrow L$
 $A \wedge B \Rightarrow L$
 A
 B

$P \Rightarrow Q$
 $L \wedge M \Rightarrow P$
 $B \wedge L \Rightarrow M$
 $A \wedge P \Rightarrow L$
 $A \wedge B \Rightarrow L$
 A
 B

(a)



(b)

Figure 7.16 (a) A set of Horn clauses. (b) The corresponding AND-OR graph.

답안 작성시 오른쪽 (b)그림만 그리면 됨