

AI REPORT

Term Project Final Report

과 목 명: 인 공 지 능

학 과: 컴퓨터학과

학 번: 2000160196, 2000160184

이 름: 김 세 원, 이 진 무

제 출 일: 2002. 12. 9

담당교수: 임 해 창 교수님

Abstract

인공지능(CSE336-00)과목의 term project로 “지뢰찾기”게임을 인공지능의 방법론으로 푸는 프로그램을 구현하였다.

Contents

1. 지뢰 찾기 게임에 대한 설명
2. 인공지능 방법의 필요성
3. Heuristic function이용하여 Search Space 줄이기
4. 지뢰 찾기 게임에서의 AI 방법론
5. AI 적용에서의 한계점

1. 지뢰 찾기 게임 설명

-이번 프로젝트는 Microsoft(R)사의 OS Windows에 기본적으로 설치되어 있는 Microsoft(R) 지뢰 찾기 (버전 5.0 by Robert Donner and Curt Johnson)을 자동으로 해결하는 프로그램을 구현하는 것이다. 그래서 먼저 지뢰 찾기 게임은 어떤 게임인지 설명하겠다.

-지뢰 찾기 게임은 임의로 지뢰밭에 뿌려진 지뢰가 어느 위치에 존재하는지 찾는 게임이다. 게임의 진행 순서를 보도록 하자.

1. 컴퓨터는 무작위로 지뢰를 임의의 위치에 설치한다.
2. 사용자는 지뢰가 있을 만한 곳에 지뢰표시를 하거나 지뢰가 없을 만한 곳을 열 수 있다.
 - 2.1. 지뢰표시를 한 경우에는 컴퓨터는 아무 반응 없이 게임을 진행한다.
 - 2.2. 닫혀져 있는 셀을 연 경우에는
 - 2.2.1. 그곳에 지뢰가 있었다면 사용자가 지뢰를 밟은 것이므로 게임을 종료한다.
 - 2.2.2. 지뢰가 없었다면 그 셀 주위의 셀들(3개~8개)에 몇 개의 지뢰가 존재하는지 정보를 사용자에게 제공한다.
3. 모든 셀이 열리거나 지뢰표시가 될 때까지 같은 방식으로 게임이 진행된다.
4. 사용자가 모든 셀을 열었다면 사용자가 승리하게 되는 것이다.



게임이 진행되는 과정과 사용자가 이기는 장면을 캡처 해 보았다.

2. 인공지능 방법 사용의 필요성

- 이 게임을 처음 시작한 사람들의 경우에는 셀에 표시된 숫자와 주위에 달려져 있는 셀의 수가 같은 경우는 확실하게 지뢰가 있는 것이기 때문에 그곳에는 지뢰표시를 하고 나머지의 셀에 대해서는 확률적인 요소를 고려하게 된다. 예를 들어 3*3의 지뢰밭이 있다고 가정하자.

0	1	a
1	2	1
b1	b2	b3

-이와 같은 경우에는, 셀 a에는 지뢰가 있는 것이 확실하므로 지뢰 표시를 하게 될 것이다. 그리고 셀 a의 아래에 있는 1에 대하여 b2, b3에 지뢰가 있을 확률은 0이 된다. 그러므로 b1에 지뢰가 있게 된다.

0	?	a
1	2	1
b1	b2	b3

-하지만 a에 지뢰가 있는 것을 확신하지 못하는 경우에는 b1, b2, b3의 셀의 경우에는 다르다. 이 경우를 확률적으로 계산한다면 제일 왼쪽의 1을 기준으로 b1, b2에는 지뢰가 한 개 있을 것이다. 그러므로 각각의 확률은 1/2, 1/2 라고 할 수 있다. 그리고 2를 기준으로 b1, b2, b3에는 지뢰가 있을 확률이 1/3, 1/3, 1/3 라고 할 수 있다. 마지막 1에 대하여 a, b2, b3의 확률은 각각 1/3가 될 것이다. 그러므로 b2, b3에 지뢰가 있을 확률이 가장 작다고 판단할 것이다. 그리고 사용자는 임의의 셀을 열 것이다.

2.1 확률적인 요소만 생각하여 문제를 풀었을 때의 문제점

-지뢰 찾기 게임은 선택된 cell의 정보와 주위의 정보를 이용하면 어느 정도의 계산으로는 찾을 수 있다. 예를 들어 주위의 지뢰의 수가 1이고 그 cell 주위에 선택되지 않은 cell의 수가 1개 일 경우에는 지뢰임을 알 수 있다. 그러나 같은 경우라도 주위에 선택되지 않은 cell의 수가 2가 된다면 선택의 문제가 생긴다. 즉, 더 이상의 선택을 할 수 없는 경우가 발생한다.

이러한 문제를 확률적으로 해결한다고 해 보자. 지뢰의 수는 1개 인데 아직 선택되지 않은 cell의 수가 2인 경우에는 각 cell의 경우 지뢰가 있을 경우는 1/2이다. 같은 확률에서 어떻게 선택의 우선순위를 줄 것인가? 결국 확률은 확률 일뿐 선택의 문제에서 해결책은 될 수 없다.

이 게임의 목표는 죽지 않고 게임을 풀어 갈 수 있어야 하는데 죽을 확률이 단 1% 일 경우라도 피해야 한다. 그러므로 적절한 가정과 논리 전개로 미지의 cell에는 지뢰가 없음을 증명해야 한다.

2.2 AI를 사용한 이유

-AI를 사용한 이유는 미지의 cell에 대한 가정과 증명을 위해서 사용했다. 많은 경우 선택의 문제에서 하나의 cell이 지뢰 혹은 그렇지 않다고 가정을 한 경우에는 나머지 cell의 정보에 의해서 모순이 발생하는 경우가 종종 발생한다. 이것은 마치 수학에서의 귀류법과 같아서 기존의 가설을 반대 되게끔 cell에 대해 선택하면 된다.

확률적으로 생각했다면 결국은 모든 cell이 지뢰를 가질 확률이 존재 하지만 AI를 통한 가정과 논리 전개를 통한 결론 도출은 어느 하나의 cell이 지뢰를 가지거나 그렇지 않다는 것을 보장할 수 있다.

2.3 AI의 목표

-지뢰 찾기에서 AI는 결국 여러 개의 cell 중에서 가정을 해서 그 cell이 지뢰인지 아닌지를 확실히 보여주기 위함이다. 그리고 게임을 푸는 과정에 있어서 위에서 본 바와 같이 확률적인 계산을 이용하여 지뢰가 있을 확률이 가장 적은 cell을 랜덤하게 선택하는 어리석은 경우를 줄이기 위해서 이다.

3. Heuristic을 이용하여 Search Space 줄이기

- 일반적으로 알려진 바에 의하면, 지뢰 찾기 게임을 해결하는 것은 Travelling Salesperson Problem 등과 같은 NP 문제에 속해있다. 예를 들어 $n \times n$ 의 지뢰밭에 m 개의 지뢰가 있다고 하자. 그러면 모든 경우의 수에 대하여 조사를 하여서 답을 알아내기 위해서는 $(n \times n) P m$ 의 경우를 찾아야 한다. 그러므로 엄청난 시간의 계산 시간을 요구하게 된다. 1000개의 도시에서 TSP문제를 해결한다면, 현재 최고의 슈퍼 컴퓨터가 우주의 원자 수만큼 있고 그 컴퓨터를 우주의 나이만큼 돌려도 최적의 답은 구하지 못한다고 한다. 그만큼 NP문제는 모든 경우에 대해서는 풀기 어렵다. 그래서 나온 해결책이 근사한 최적치를 구하는 방법과 heuristic function을 이용하는 방법이 있다.

- 그러므로 일반적인 컴퓨터에서 지뢰 찾기 문제를 해결하기 위해서는 Heuristic을 이용하여 Search Space를 줄이는 방법이 반드시 필요하다.

4. 지뢰 찾기 게임에서의 AI 방법론

4.1 Heuristic 이 사용되는 시점

-어느 정도의 cell이 열리고 나면 반복적인 계산으로 인해서 계속 cell을 열어 갈 수 있다. 그러나 지뢰의 수가 어느 정도 많아지면, 주어진 cell의 정보로는 도저히 계산으로 풀 수 없게 된다. 이럴 경우 Heuristic을 사용한다. 즉, 단순 계산으로 풀리는 문제에 사용하는 것이 아니라 선택의 문제를 만났을 때 사용하게 된다.

4.2 Heuristic Process

(1) 아직 선택되지 않은 cell을 조사해서 cell주위의 정보를 조사해서 cell을 평가할 순위를 정한다.

(2) cell의 순위를 정하기 위해서 다음과 같은 식이 들어간다.

$$\text{Heuristic Value} = \text{MAX}\{\text{prob}\} + (\text{주위에 선택된 cell의 개수} + \text{주위에 표기된 지뢰의 수(깃발의 수)}) * \text{WEIGHT}$$

(단, 여기에서 WEIGHT는 임의의 가중치이다. 즉, 주위에 선택된 cell을 더 중요시 할 것인지 아니면 prob를 더 중요시 할 것인지를 결정하는 상수이다. WEIGHT는 계속 해서 실험을 행하면서 적절한 값을 경험적으로 찾아야 한다.)

$$\text{prob} = (\text{주위 8개 cell중에 있는 지뢰의 수} - \text{표기된 지뢰의 수(깃발의 수)}) / (\text{주위에 선택되지 않은 cell의 수})$$

(3) cell의 순위가 정해지면 value가 높은 cell부터 가정과 논리전개 그리고 결론을 도출한다. 제1가정과 제2가정에도 모순이 일어나지 않아 어떤 cell을 선택할지 모를 경우 2회에 걸친 가정에서 같은 경우로 가정을 했던 cell이 있는지 보고 그러한 경우도 없다면 (2)의 과정에서 정렬된 cell중에서 다음 cell을 다시 (3)의 과정에서 평가해본다.

4.3 Reasoning and Contradiction Process

- 아직 열려지지 않는 미지의 모든 cell에 대한 평가가 끝나 후, 즉, heuristic function을 통한 evaluation이 끝난 후에는 resolution과 비슷한 절차를 거치게 된다.

- 가장 evaluated value가 큰 cell부터 가정을 시작한다. 일단 depth 1인 경우라고 가정하자. 지정된 cell에 지뢰가 있다고 가정을 하고 위에서의 단순계산을 통해서 추론을 해나간다. 그러다가 어떤 모순의 상황을 만나게 되는 경우가 있다. 그런 모순이 생겼다는 것은 가정이 잘못 되었다는 것을 의미한다. 그러므로 지정된 cell에는 지뢰가 없는 것이 된다. 만약에 모순이 없는 상태에서 더 이상의 추론을 할 수 없는 경우를 만나게 되면, 즉, depth 2의 search가 필요하게 되면, 즉, 다른 또 하나의 가정을 해야 하는 경우가 생기면, 그때는 추론을 멈추게 한다.

- 이번에는 반대로 가정을 한다. 즉, 지정된 cell에 지뢰가 없다고 가정을 한다. 마찬가지로 단순계산을 통해서 추론을 해나가다 보면 모순을 만나는 경우가 있다. 이때에도 가정이 잘못된 것이므로 지정된 cell에는 지뢰가 있는 것이 된다. 이 경우에도 depth 2의 search가 필요하게 되면 추론을 멈춘다.

-어떤 경우에는 2가지의 가정을 모두 해보더라도 모순이 생기지 않을 수 있다. 하지만 이때에도 얻을 수 있는 정보들이 있다. 두 가지의 가정에서 추론을 해나갔을 때에 특정한 cell이 두 경우 모두 지뢰라고 판정을 받았다면, 그 cell에는 반드시 지뢰가 있는 것이다. 또한 두 경우 모두 지뢰가 없다고 판정을 받았다면, 확실하게 열 수 있는 cell이라는 것을 알 수 있다.

-예를 들어 설명해 보자.

1	2	2	2	2	2
2	x	3	2	x	1
a?	b?	c?	d?	2	1
?	?	?	?	1	1

위의 경우에서 a를 기준으로 생각해 보자.

1. 먼저 a에 지뢰가 없다고 가정하자. 그러면 자동적으로 b에는 지뢰가 있어야만 한다. 하지만 c이후로는 추론을 계속 해 나갈 수 없다. 즉, 3을 기준으로 하였을 때에 c와 d에 지뢰가 있을 확률은 각각 1/2, 1/2가 되고 다시 가정을 요구하게 된다. 즉, depth 2의 search를 시작해야 하는 것이다. 그러므로 추론을 그만둔다.

1	2	2	2	2	2
2	x	3	2	x	1
aO	bX	c?	d?	2	1
?	?	?	?	1	1

2. 반대로 a에 지뢰가 있다고 가정하자. 그러면 b에는 지뢰가 없게 된다. 그러므로 3을 기준으로 하였을 때에 c와 d에는 모두 지뢰가 있어야만 한다. 그런데 이때에 3옆에 있는 2를 기준으로 한다면 지뢰가 주위에 3개나 있게 되는 것이다. 그러므로 이 경우는 모순이 발견된 것이다. 그러므로 a에는 지뢰가 반드시 없게 되는 것이다.

1	2	2	2	2	2
2	x	3	2	x	1
aX	bO	cX	dX	2	1
?	?	?	?	1	1

3. a에 지뢰표시를 하게 되면 b는 열리고 그다음에 c에 대해서 다시 추론을 시작해 나가야 하는 것이다.

-다른 예를 들어 보자.

1	?d?	?
1	c?	?
1	b?	?
1	a?	?

1	?d?	?
1	cO	?
1	bX	?
1	aO	?

1	?d?	?
1	cO	?
1	bO	?
1	aX	?

-이 경우에는 제일 아래쪽에 있는 1에 대해서 추론을 해보자.

1. 먼저 a에 지뢰가 없다고 가정하자. 그러면 b에는 지뢰가 있는 것이고 c에는 지뢰가 없게 된다. 하지만 d에서는 또다른 가정을 시작해야하므로 추론을 멈춘다.

2. 다음으로 a에 지뢰가 있다고 가정하자. 그러면 b에는 지뢰가 없게 되고 c에는 지뢰가 없게 된다. 또 d에서 가정이 필요하므로 추론을 멈춘다.

=> 여기서 주위 깊게 봐야 할 점을 어느 경우로 가정하든지 c는 모두 지뢰가 없다고 판정이 났다는 것이다. 어떤 경우에도 같은 경우로 결론이 나왔으므로 c에는 반드시 지뢰가 없는 것이 된다.

5. AI 적용에서의 한계

-Heuristic을 시행하더라도 찾지 못하는 경우가 발생한다. 이런 경우에는 결국 다시 random한 cell을 선택하게 하는 수밖에 없다. 실제로 지뢰 찾기를 할 경우 도저히 이 cell이 지뢰인지 아닌지 확신하지 못할 경우에는 random한 선택을 하는 방법밖에 없기 때문이다.

-AI를 사용하면 특정 cell이 지뢰이거나 아님을 증명 할 수 있지만 모든 경우에 대해서 증명 할 수 있는 것은 아니다. 가정하고자 하는 cell 주위에 정보가 불충분 하다면 가설을 통한 모순을 얻을 수 없고 2가지 가설의 논리 전개 중에 같은 가정이 2번 나오는 cell의 경우도 발생하지 않는다. 이러한 경우에는 AI로 풀 수 없게 된다.

-다음과 같은 예에서는

a?	b?	1
c?	d?	2
1	2	x

case1. b가 지뢰라고 가정을 한다면,
 ->d는 자동적으로 지뢰가 아니게 되고
 그러면 c는 자동적으로 지뢰가 된다.
 -하지만 여전히 a에는 지뢰 존재유무를 알 수 없다.

case2. b가 지뢰가 아니라고 가정한다면,
 ->d가 지뢰가 자동적으로 되고 그러면 c는 지뢰가 아니게 된다.
 -이때에도 여전히 a에 관한 정보는 얻을 수 없게 된다.

그러므로 AI 방법을 이용한다고 해도 b에 관해서는 1/2의 확률로 찍는 수 밖에 없고 또한 a에 관한 정보는 아무것도 얻을 수 없다.

-또, 극단 적인 예를 들어 설명하자면,

x	x	x
x	?	x
x	x	x

다음과 같이 되었을 경우에는 cell ?에 관한 정보는 아무 것도 없는 것을 알 수 있다. 이런 때에는 1/2의 확률로 찍거나 전체적으로 찾아진 지뢰의 개수를 보아서 더 이상 지뢰가 없다면 열 수 있는 것이고 지뢰의 개수가 아직 1개 모자란다면 cell ?에 지뢰가 있는 것이다.
 그러므로 이 방법은 AI의 방법이라고 할 수 없다.