

알파고와 인공지능

감동근

kam@ajou.ac.kr

아주대학교 전자공학과 교수
한국기원 아마 5단

인공지능과 인간의 대결 (1)

카스파로프 vs 딥블루 (1996, 1997년)



개리 카스파로프

- 1963년 러시아 출생
- 1980년 그랜드마스터
- 1985년 세계 챔피언
- 2005년 은퇴할 때까지
228개월 중 225개월간
세계 랭킹 1위
- 역대 최고의 체스 선수
- 1997년 딥블루에 패배

인공지능과 인간의 대결 (2)

2011년: 왓슨이 <제퍼디> 퀴즈쇼 우승

켄 제닝스

- 역대 최다(74회)
우승



브래드 러터

- 역대 최고(446
만불) 상금

제시어: **당신의 키보드에도 있다** (Also on your computer keys)

Q. 이것은 그랑프리 자동차 경주의 약자입니다. (It's an abbreviation for Grand Prix auto racing.)

인공지능과 인간의 대결 (2)

제시어: **문학에 등장하는 지명수배자** (Literary character APB)

Q. 전면적인 사악함으로 수배됐습니다. 마지막으로 바랏두르의 탑에서 목격됐지요. 거대한 눈이라서 놓치기 어렵습니다. (Wanted for general evil-ness; last seen at the tower of Barad-dur; it's a giant eye, folks. Kinda hard to miss.)

제시어: **올림픽 특이사항** (Olympic oddities)

Q. 밀로라드 카비치는 이 남자의 완벽한 2008년 올림픽을 거의 망칠 뻔했으나 0.01초 차이로 졌습니다. (Milorad Cavic almost upset this man's perfect 2008 Olympics, losing to him by one hundredth of a second.)

인공지능 연구의 역사

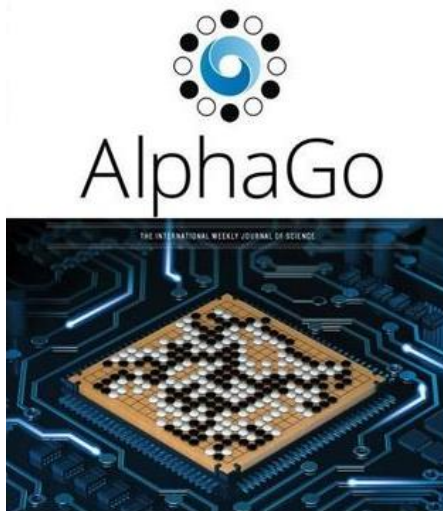
1950~70년대: 1차 황금기



1980년대 초: 2차 황금기

“Divide and Conquer”
“Expert Systems”

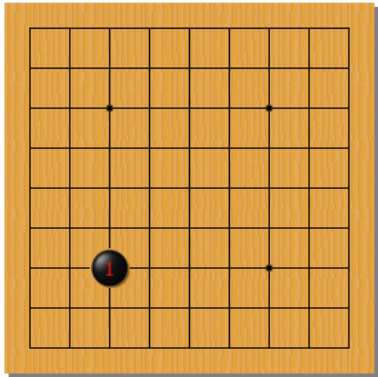
오늘: 3차 황금기



KENSHO

바둑 인공지능 "수읽기"

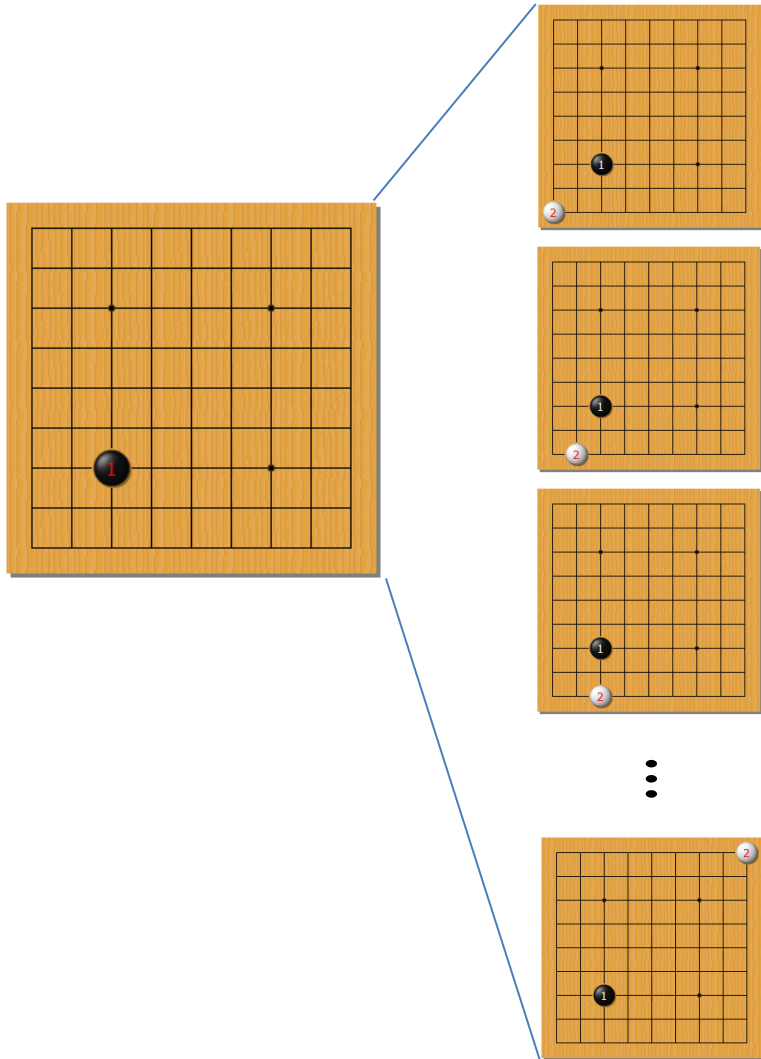
d=1



바둑 인공지능 "수읽기"

d=1

d=2

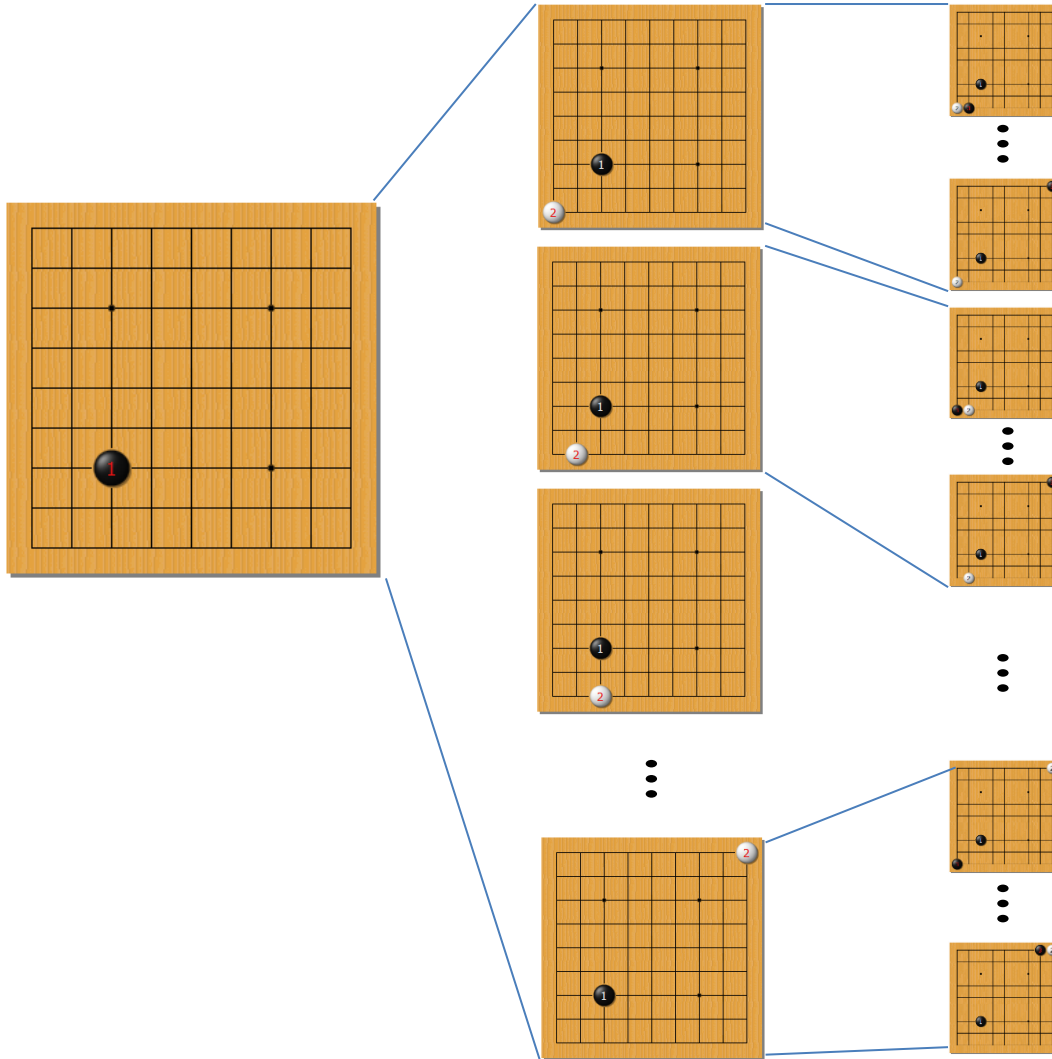


바둑 인공지능 "수읽기"

d=1

d=2

d=3



바둑 인공지능 "수읽기"

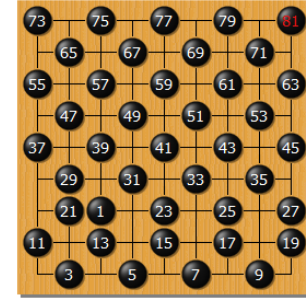
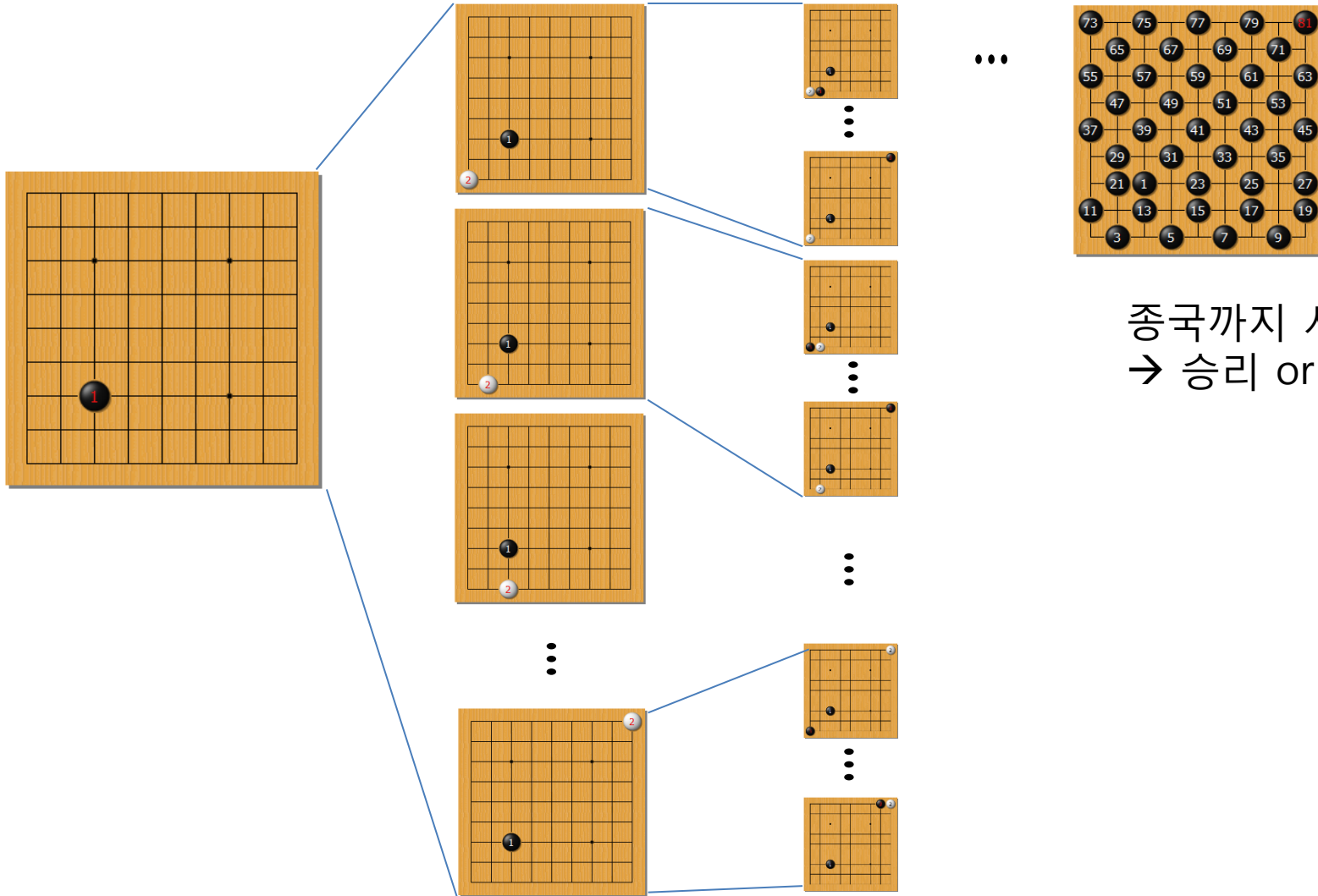
d=1

d=2

d=3

...

d=81

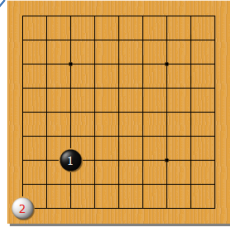
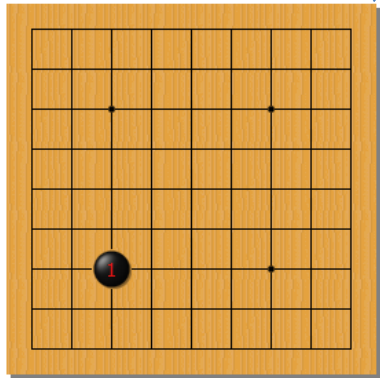


중국까지 시뮬레이션
→ 승리 or 패배?

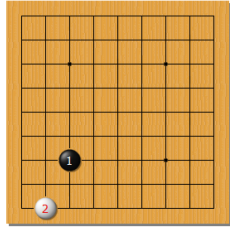
Brute-Force Tree Search (무차별 탐색 기법)

d=1

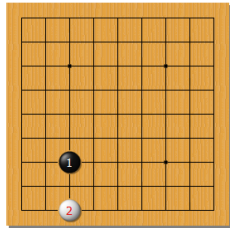
d=2



여기에 두면 9번 이기더라



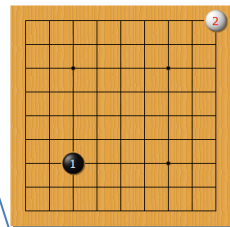
여기에 두면 13,242번 이기더라



여기에 두면 698,313번 이기더라

⋮

⋮

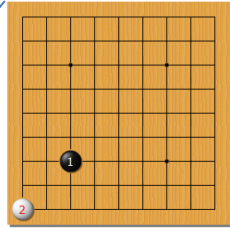
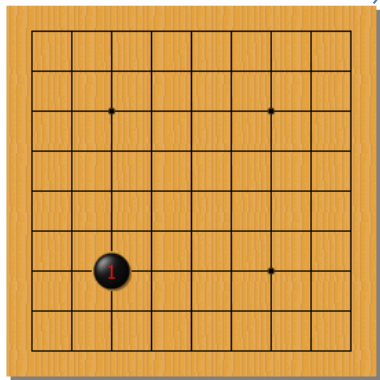


여기에 두면 12번 이기더라

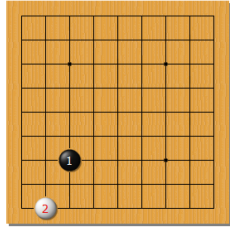
Brute-Force Tree Search (무차별 탐색 기법)

d=1

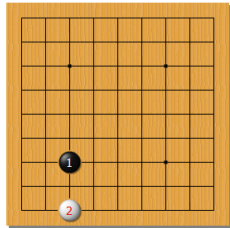
d=2



여기에 두면 9번 이기더라



여기에 두면 13,242번 이기더라

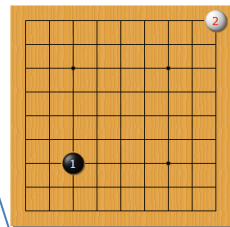


여기에 두면 698,313번 이기더라

⋮

⋮

중국까지 시뮬레이션해서
가장 많이 이긴 수를 고른다.



여기에 두면 12번 이기더라

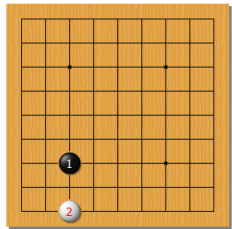
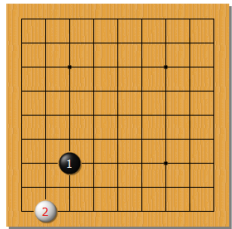
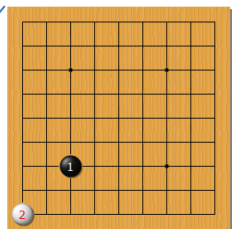
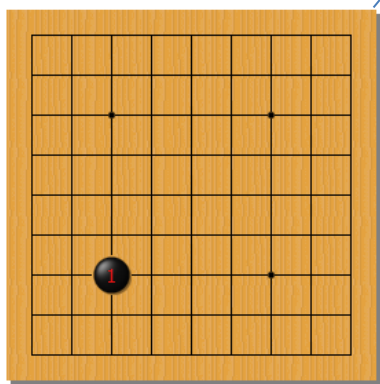
Monte Carlo (몬테카를로)



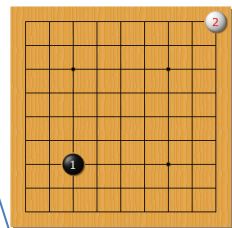
Monte-Carlo Tree Search (몬테카를로 탐색 기법)

d=1

d=2



⋮



전체 경우의 수
(예: 100만) 중에서
9번 이기더라

13,242번 이기더라

698,313번 이기더라

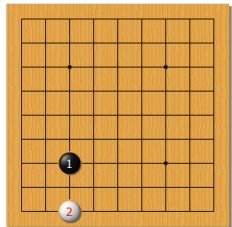
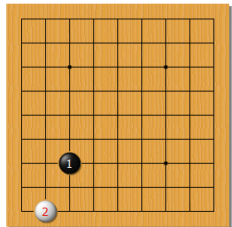
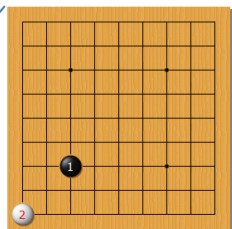
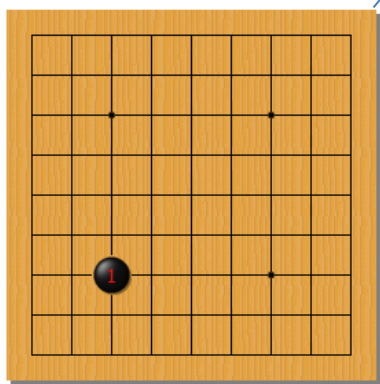
⋮

12번 이기더라

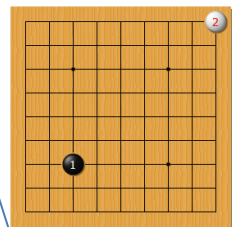
Monte-Carlo Tree Search (몬테카를로 탐색 기법)

d=1

d=2



⋮



전체 경우의 수
(예: 100만) 중에서
9번 이기더라

무작위 추출한
1,000개 중에서
0번 이기더라

13,242번 이기더라

12번 이기더라

698,313번 이기더라

703번 이기더라

⋮

12번 이기더라

⋮

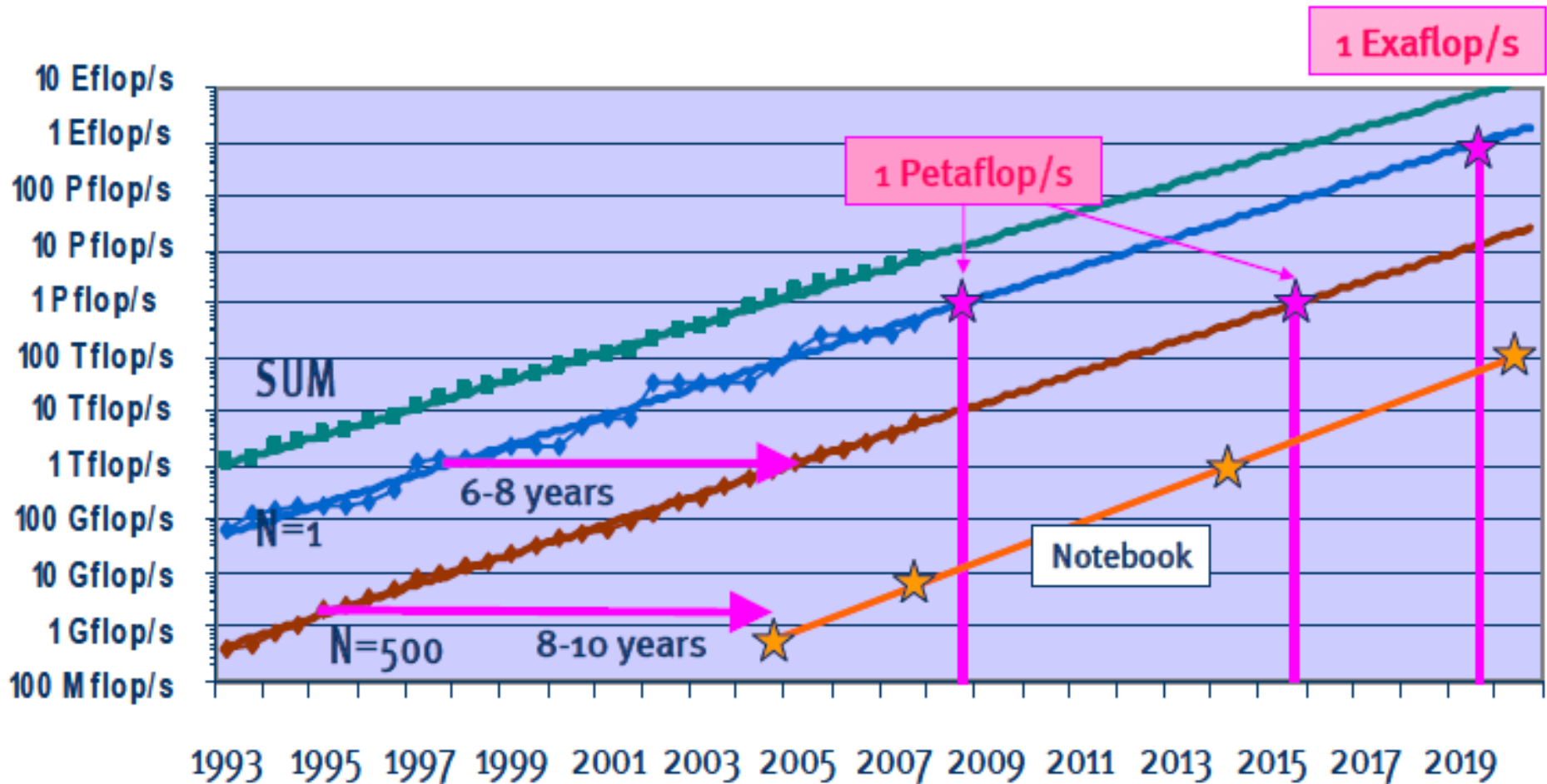
1번 이기더라

딥블루와 알파고의 비교



- 1997년 6월 기준, 딥블루는 세상에서 259번째로 빠른 슈퍼 컴퓨터였다.
- Performance = 11.4 GFLOPS

컴퓨터 하드웨어의 발전 속도



<http://top500.org>

딥블루와 알파고의 비교



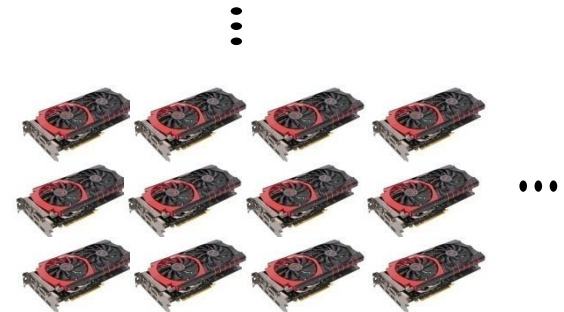
- 1997년 6월 기준, 딥블루는 세상에서 259번째로 빠른 슈퍼 컴퓨터였다.
- Performance = 11.4 GFLOPS



Galaxy S6:
34.8 GFLOPS



GeForce GTX960:
2400 GFLOPS



알파고 (작년 10월 기준):
1202 CPUs + 176 GPUs

그러나, 바둑의 경우의 수는
우주의 원자 수보다 많다!



탐색 공간을 어떻게 줄일까?

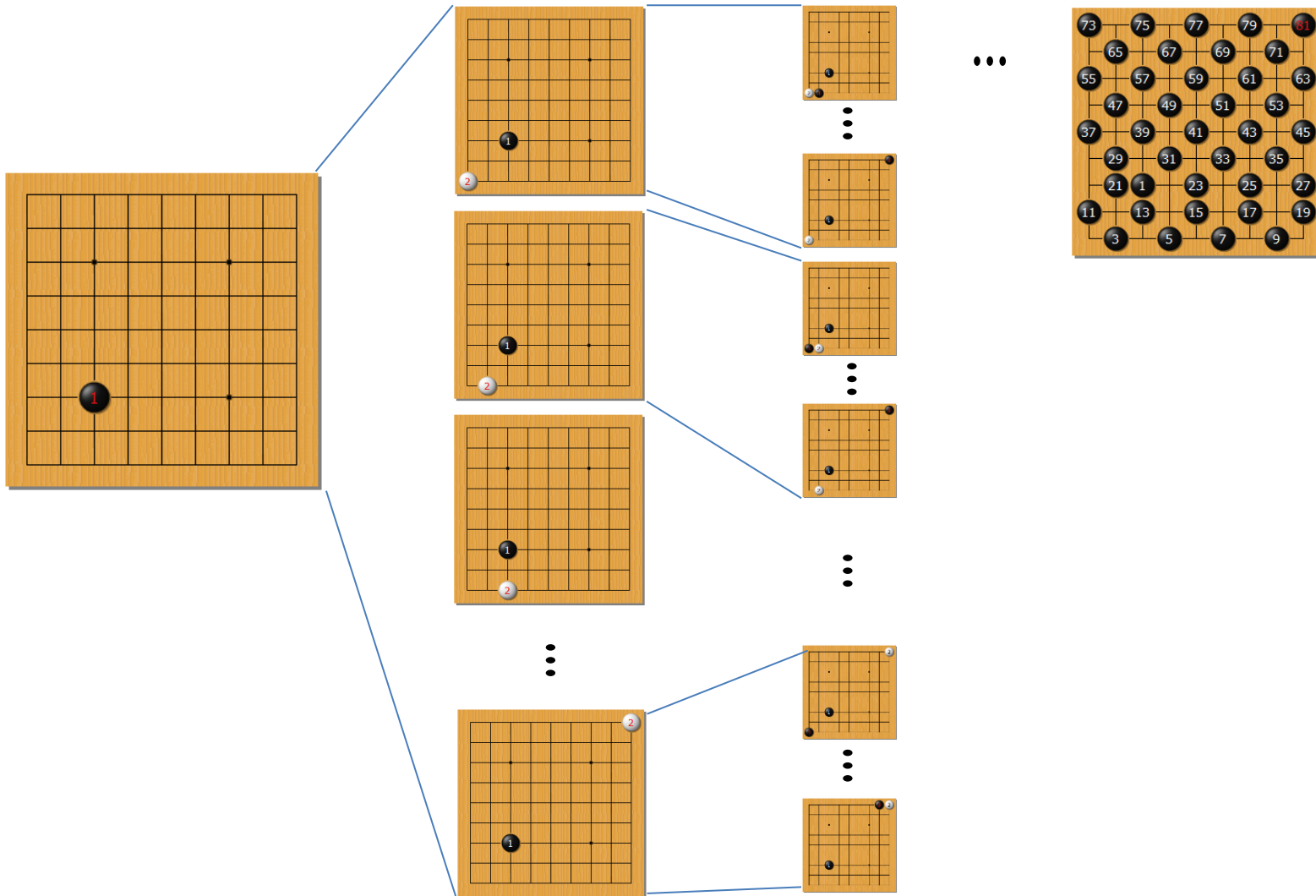
d=1

d=2

d=3

...

d=81



사람은 수읽기를 어떻게 하나? (1)

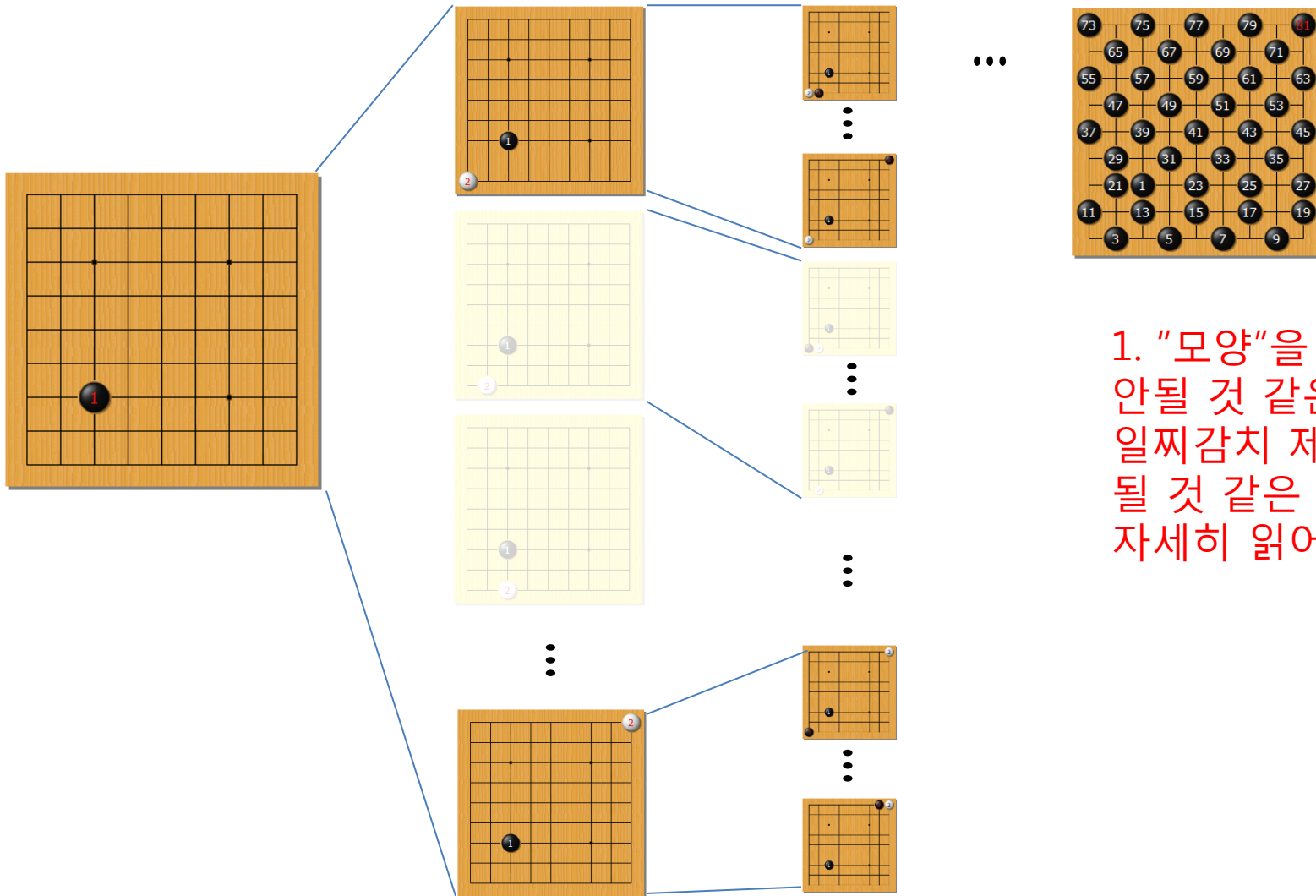
d=1

d=2

d=3

...

d=81



1. "모양"을 보고
안될 것 같은 수는
일찌감치 제외하고,
될 것 같은 수만
자세히 읽어본다.

바둑 = 수읽기 + 감각 (모양을 이해하는 능력)

“바둑은 모양이 좋아야 한다!”



“모양 나쁜 수를 두느니 판을 엮겠다!”



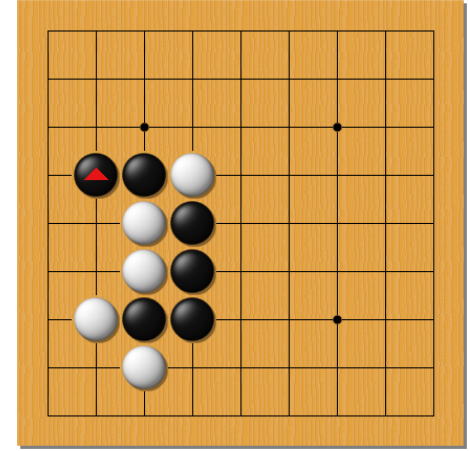
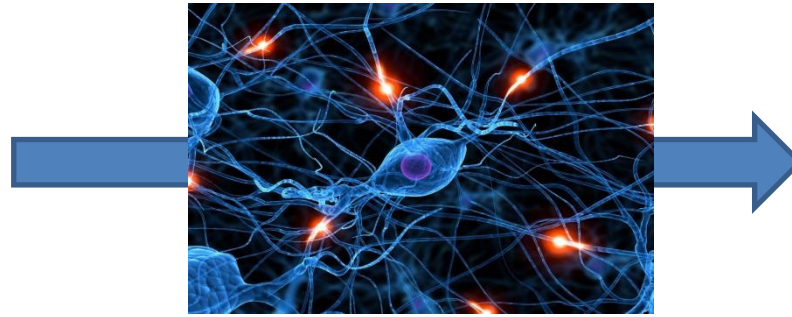
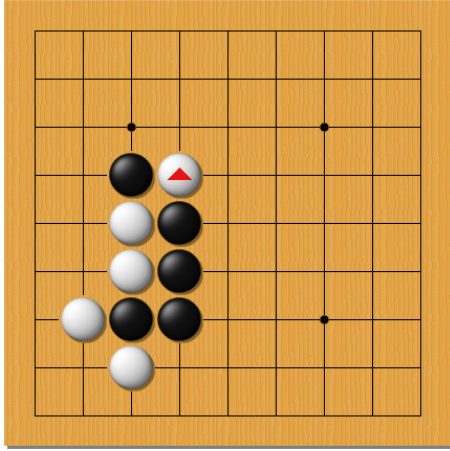
십대일 다면기



딥러닝 (Deep Learning)



알파고의 인공 신경망



```

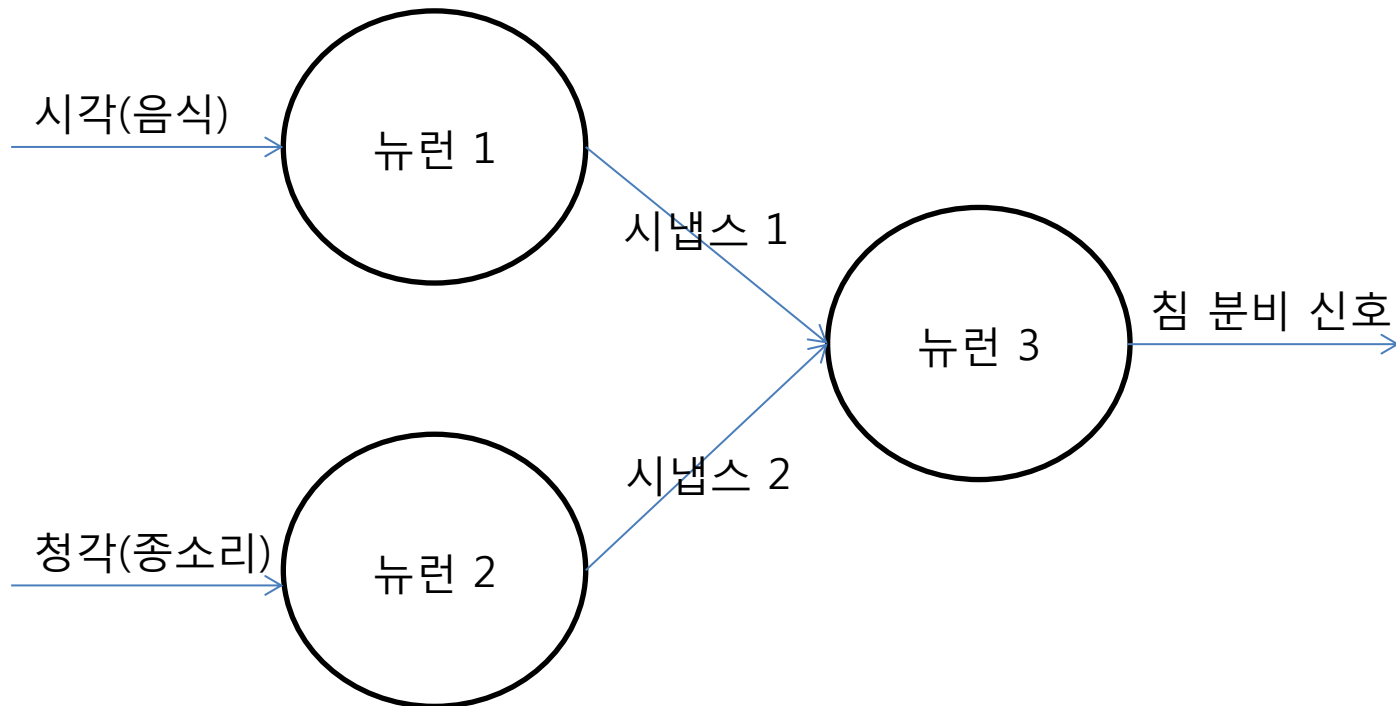
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 1 -1 0 0 0 0 0 0
0 0 -1 1 0 0 0 0 0 0
0 0 -1 1 0 0 0 0 0 0
0 -1 1 1 0 0 0 0 0 0
0 0 -1 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
    
```

```

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
    
```

인공 신경망과 학습 이론

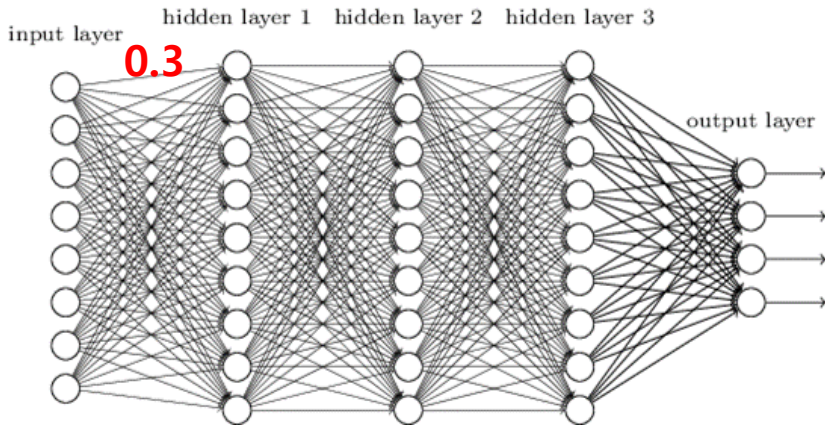
파블로프의 개 실험



비지도 학습 (강화 학습)

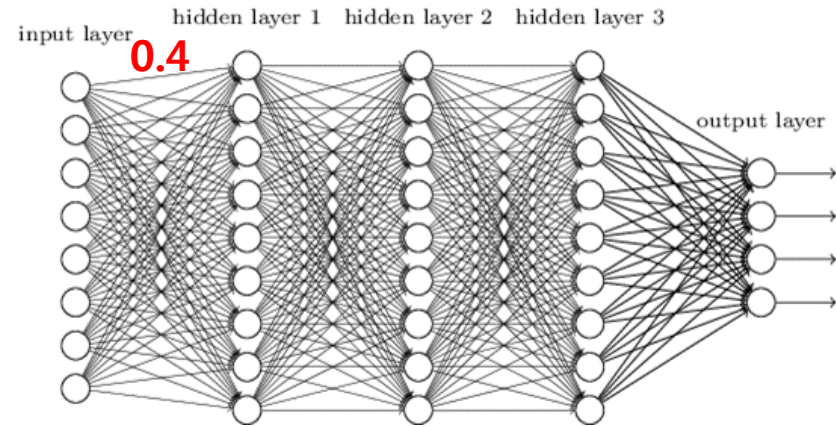
지도 학습의 결과 (original version)

Deep neural network



약간 변형된 신경망 (rev. 1)

Deep neural network



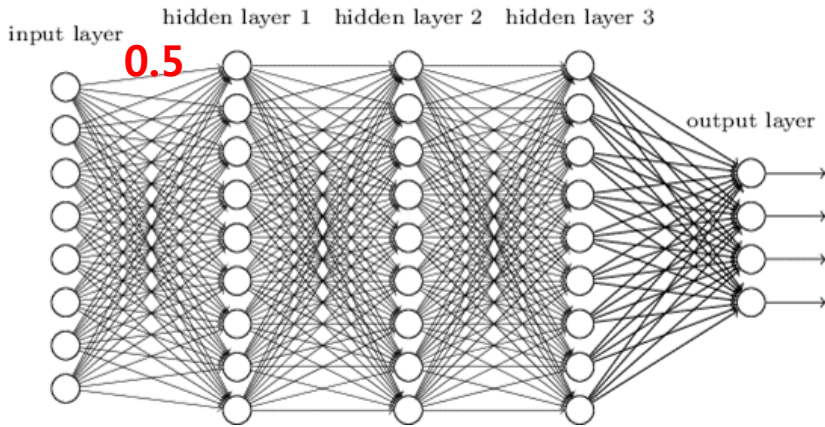
VS

이

비지도 학습 (강화 학습)

약간 변형된 신경망 (rev. 2)

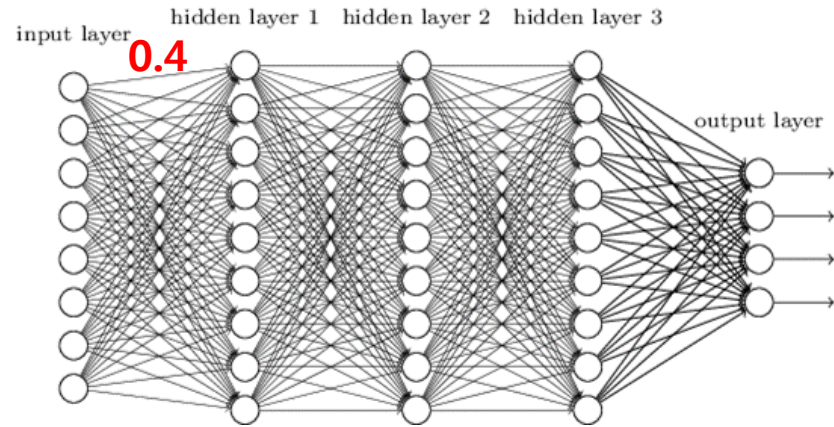
Deep neural network



VS

약간 변형된 신경망 (rev. 1)

Deep neural network



승

지도 학습의 결과 (original version)

vs

강화 학습의 결과 (rev. 1,000,000)

80% 승률

사람은 수읽기를 어떻게 하나? (2)

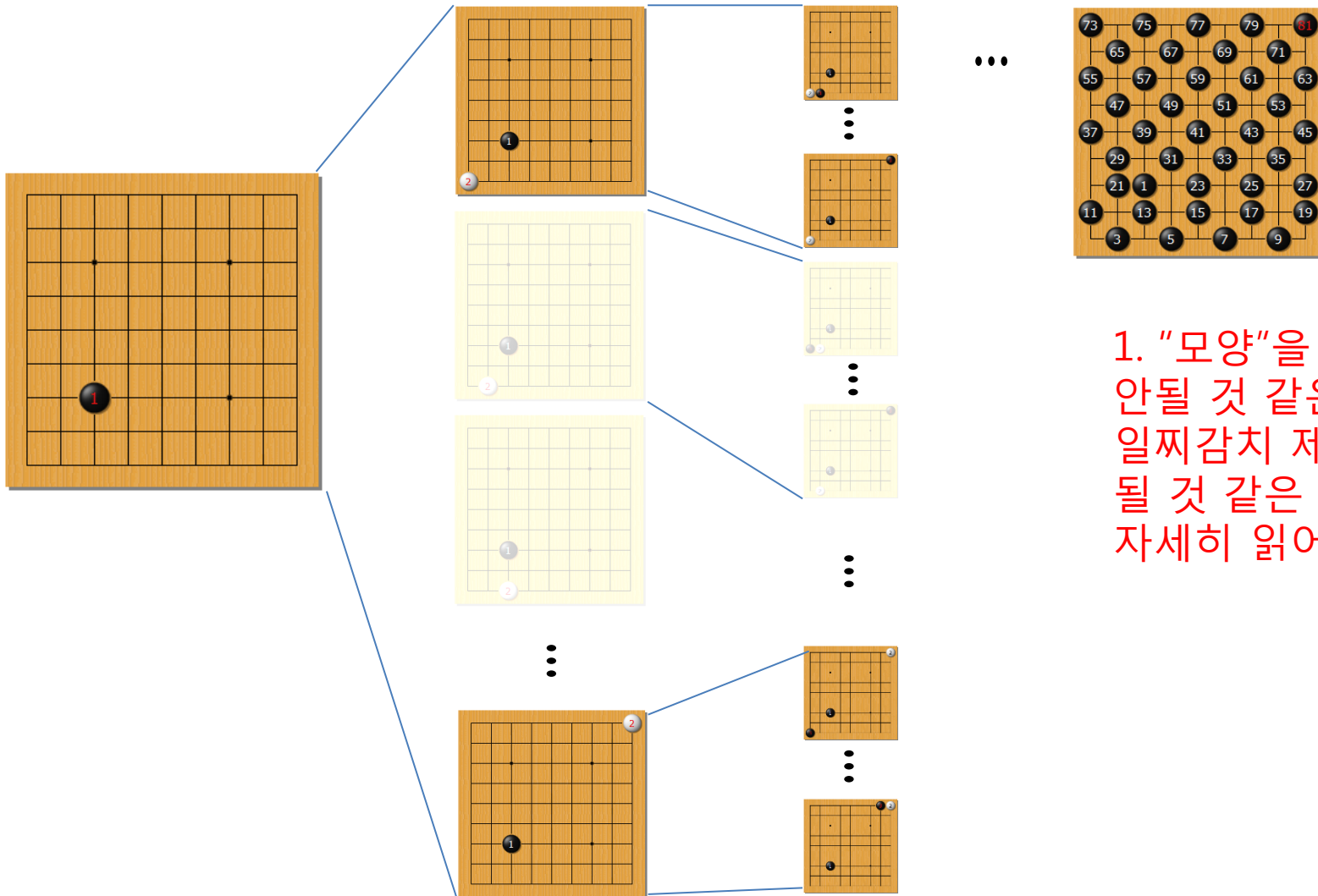
d=1

d=2

d=3

...

d=81



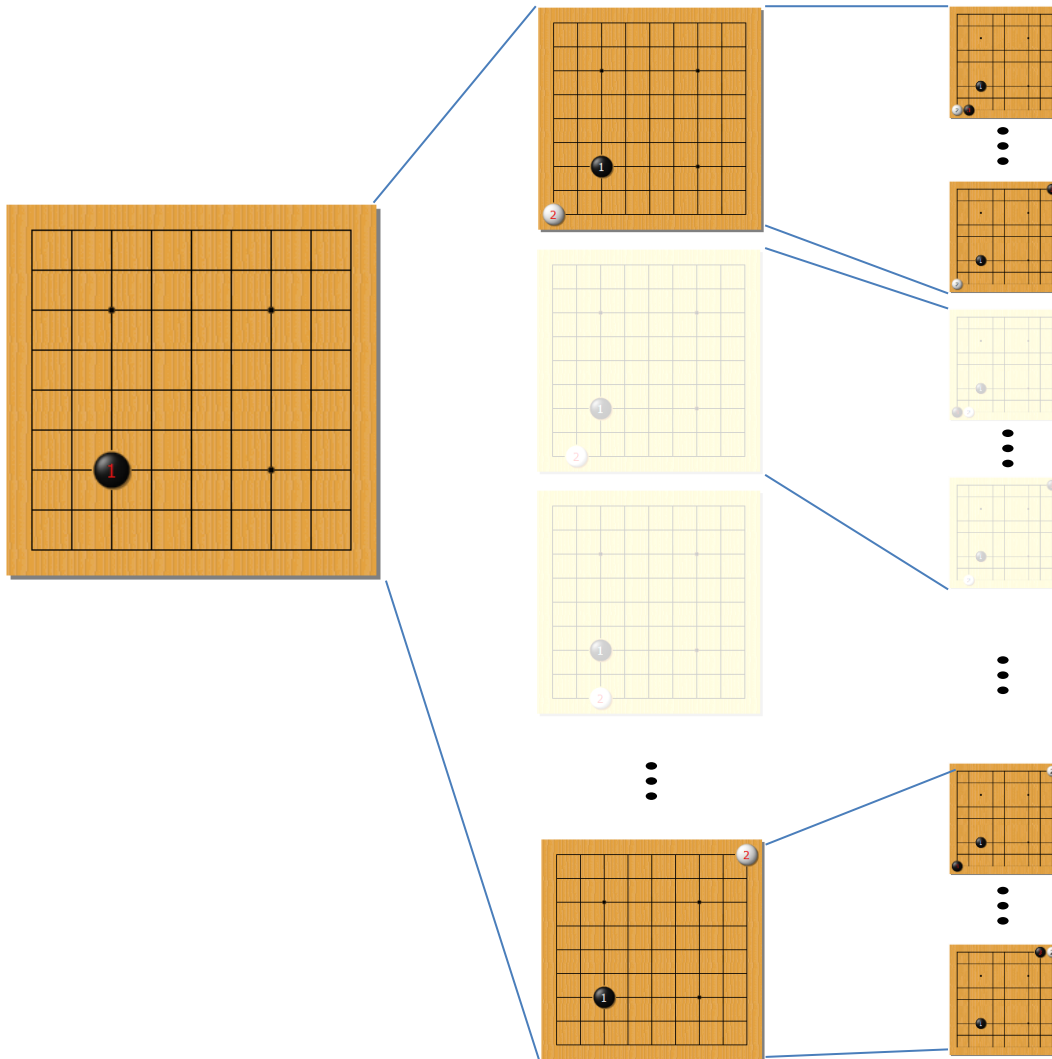
1. "모양"을 보고
안될 것 같은 수는
일찌감치 제외하고,
될 것 같은 수만
자세히 읽어본다.

사람은 수읽기를 어떻게 하나? (2)

d=1

d=2

d=3



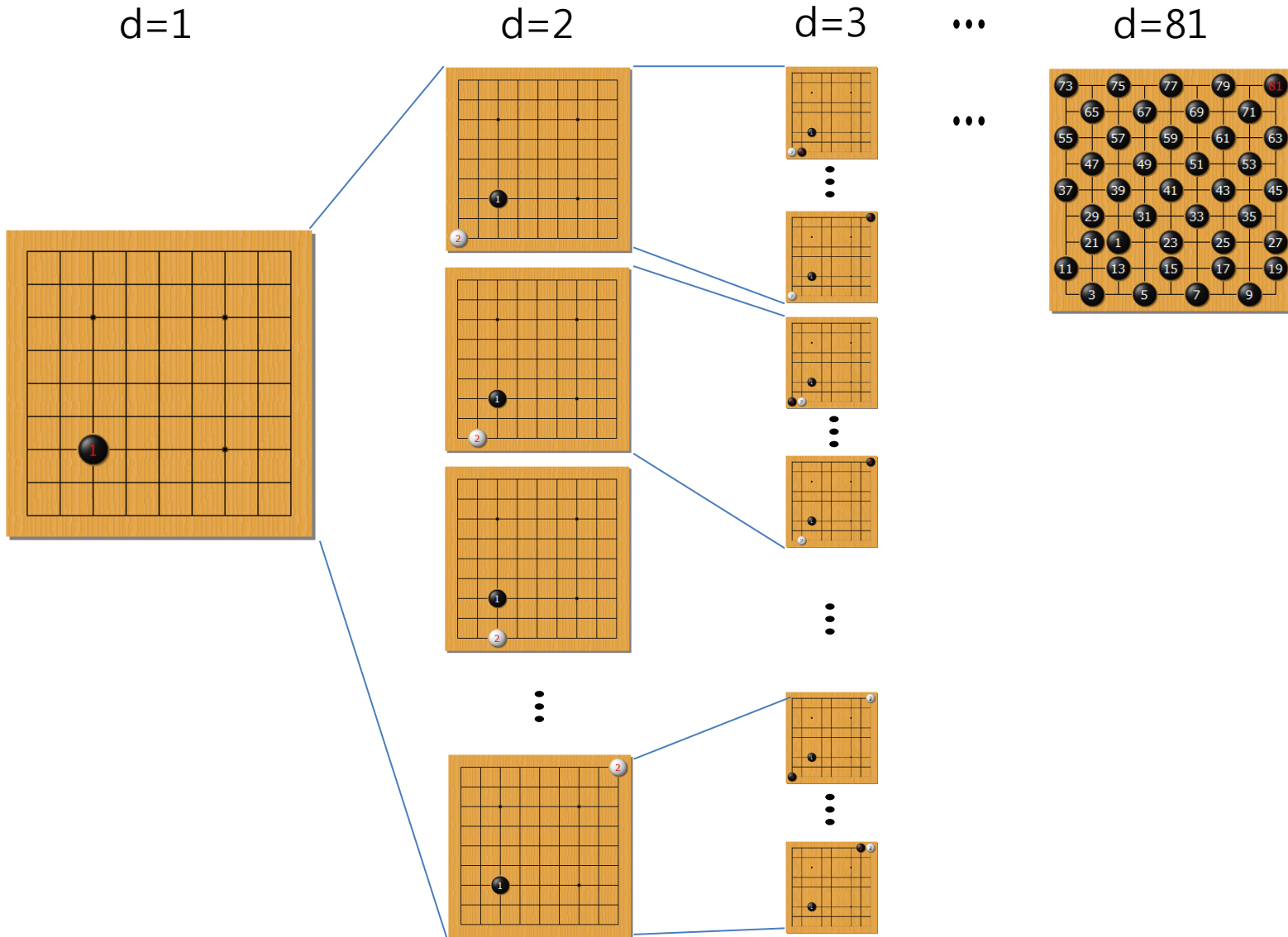
형세가 불리하다.

형세가 유리하다.

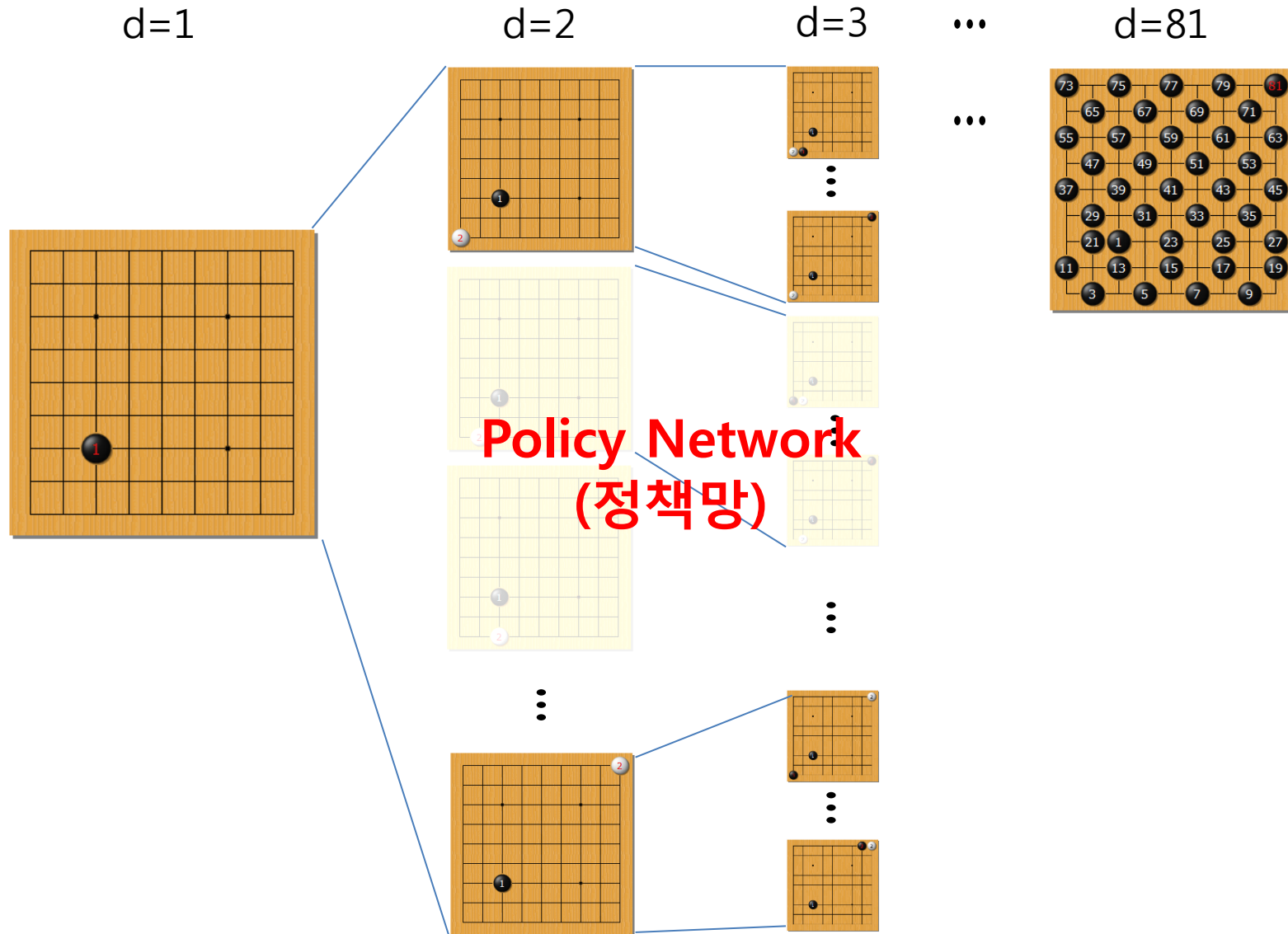
2. 현재로부터 몇 수만 진행시킨 다음 그 상황에서 유/불리를 판단.

→ 형세 (확정가+두터움) 판단 함수

알파고 = MCTS +



알파고 = MCTS + Breadth Reduction

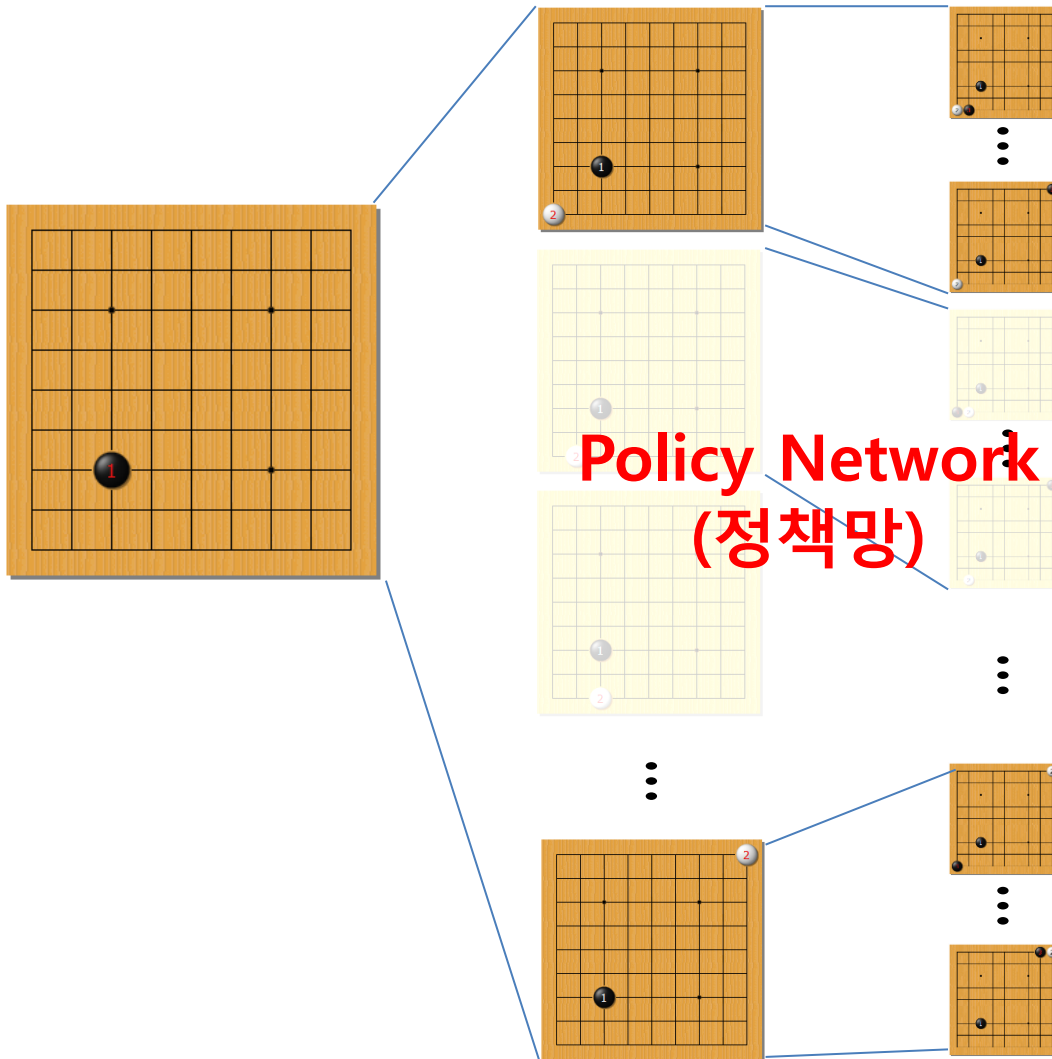


알파고 = MCTS + Breadth Reduction + Depth Reduction

d=1

d=2

d=3



형세가 불리하다.

Value Network (가치망)

형세가 유리하다.

**Policy Network
(정책망)**

이번 대결의 의미

- “인간 두뇌의 마지막 보루”
“지배할 것인가? 지배당할 것인가?”
- “체스판 위에서 인간과 컴퓨터가 격돌하면 최고의 체스 실력을 가진 인간의 독창성과 수학자, 전산학자, 엔지니어의 축적된 연구결과가 대결을 벌이게 된다. 인간과 기계의 대결은 기계가 사고능력이 있음을 보여주려는 것이 아니라 인간이 공동으로 만든 연구결과가 가장 재능 있는 인간을 뛰어넘을 수 있는 지를 보여주려는 것이다.”

알파고 vs 이세돌 (올해 3월)



'세기의 대결'이 남긴 것

- 직관이라는 것은 과연 인간 지성의 엄청난 능력인가?
- 알파고에게 과연 '바둑 두는 지능'이 있는 것인가?
 - 내일 당장 20줄 바둑판에서 다시 대결한다면?
 - <인공지능: 현대적 접근방식> 스투어트 러셀 & 피터 노빅,
"비행기가 하늘을 날려고 새처럼 날갯짓을 할 필요가 없는데,
왜 컴퓨터가 사람하고 똑같은 방식으로 생각을 해야 하는가?"
 - <괴델, 에셔, 바흐> 더글러스 호프스태터,
"그래서 우리가 카스파로프의 두뇌가 체스를 어떻게 두는지
조금이라도 더 이해했는가?"

인공지능 기술의 현황 및 전망

- Toy problem vs. real-world problem
- 약한 인공지능은 대부분 가능할 것으로 봄
- 딥러닝에서는 데이터가 가장 중요
- 기술의 장/단점을 객관적으로 파악하는 것이 중요
 - 알파고와 이세돌의 대결에서 가장 충격 받은 집단은?
 - 내가 틀릴 수 있다는 유연함이 중요
- 인공지능의 우선 활용 분야

인공지능 시대를 어떻게 준비할까?

- 알파고의 성취가 시사하는 바
- 인공지능이 발전을 거듭하면 인간을 지배?
- 시급히 논의해야 할 사회적 문제들
- '성실 실패'를 용인해주는 문화가 있는가?
- 인간만이 할 수 있는 일은 무엇인가?
- 교육: 질문할 수 있는 능력, 상상력(想像力)과 창의력

인공지능은 세상을 크게
바꿀 수 있는 기술이지만,
그것이 어떤 세상이 될지는
우리 손에 달려 있다.

감사합니다.