



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0137073
(43) 공개일자 2015년12월08일

- | | |
|--|--|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.) G06Q 10/10 (2012.01) G06N 5/04 (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류 G06Q 10/10 (2013.01) G06N 5/04 (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2015-7026885</p> <p>(22) 출원일자(국제) 2014년03월17일 심사청구일자 없음</p> <p>(85) 번역문제출일자 2015년09월30일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/JP2014/001506</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2014/156044 국제공개일자 2014년10월02일</p> <p>(30) 우선권주장 JP-P-2013-066768 2013년03월27일 일본(JP)</p> | <p>(71) 출원인 고쿠리쓰 겐큐 가이하쓰 호징 리가가쿠 겐큐소 일본국 사이타마현 와코시 히로사와 2-1</p> <p>(72) 발명자 김 성주 일본국 3510198 사이타마현 와코시 히로사와 2-1 고쿠리쓰 겐큐 가이하쓰 호징 리가가쿠 겐큐소 내 아오노 마사시 일본국 3510198 사이타마현 와코시 히로사와 2-1 고쿠리쓰 겐큐 가이하쓰 호징 리가가쿠 겐큐소 내 (뒷면에 계속)</p> <p>(74) 대리인 송봉식, 정삼영</p> |
|--|--|

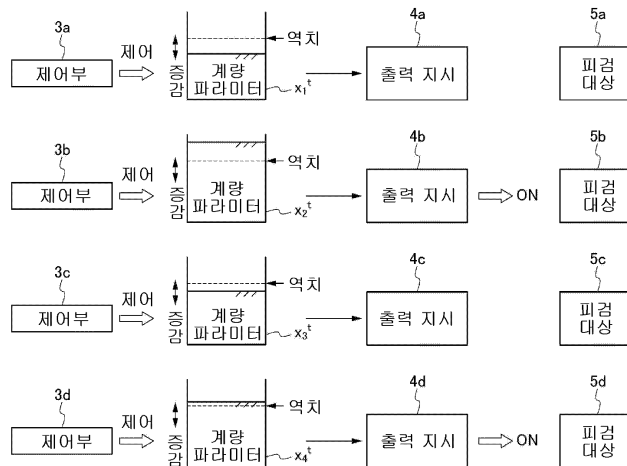
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 해 탐색 시스템 및 방법, 해 탐색 프로그램

(57) 요약

고속으로 또한 효율적으로 조합 밴디트 문제의 해를 구하기 위해서, 각각 설정된 확률분포에 기초하여 결과를 출력하는 2 이상의 피검 대상 중 최량의 결과의 출력이 기대되는 피검 대상(5)의 조합을 탐색할 때에, 출력된 결과의 축적에 기초하는 지금까지의 전적을 피검 대상(5)마다 각각 구하고, 각 피검 대상(5)의 전적을 피검 대상(5) 전체의 전적과의 관계에 있어서 그 우열을 비교하는 전적 우열 비교부(1)와, 비교된 전적의 우열과, 피검 대상(5)으로부터 출력된 최근의 결과에 기초하여, 계량변수를 증가 또는 감소시키도록 제어하는 것을 당해 피검 대상(5)마다 행하는 제어부(3)와, 계량변수가 역치를 넘은 피검 대상(5)에 대하여 결과의 출력을 지시하는 출력 지시부(4)를 구비하고, 상기 출력 지시부(4)는 결과의 출력의 지시의 반복을 거쳐 최종적으로 가장 결과의 출력의 지시가 행해지고 있는 피검 대상(5)의 조합을 탐색해야 할 조합으로서 특정한다.

대표도



(72) 발명자

나메다 에츠시

일본국 3510198 사이타마현 와코시 히로사와 2-1
고쿠리스 겐큐 가이하쓰 호징 리가가쿠 겐큐소 내

하라 마사히코

일본국 3510198 사이타마현 와코시 히로사와 2-1
고쿠리스 겐큐 가이하쓰 호징 리가가쿠 겐큐소 내

명세서

청구범위

청구항 1

확률분포에 기초하여 결과를 출력하는 2 이상의 피검 대상 중 최량의 결과의 출력이 기대되는 피검 대상을 탐색하는 해 탐색 시스템에 있어서,

상기 출력된 결과의 축적에 기초하는 지금까지의 전적을 상기 피검 대상마다 각각 구하고, 상기 각 피검 대상의 전적을 피검 대상 전체의 전적과의 관계에 있어서 그 우열을 비교하는 전적 우열 비교 수단과,

상기 전적 우열 비교 수단에 의해 비교된 전적의 우열과, 상기 피검 대상으로부터 출력된 최근의 결과에 기초하여, 계량변수를 증가 또는 감소시키도록 제어하는 것을 당해 피검 대상마다 행하는 제어 수단과,

상기 계량변수가 역치를 넘은 상기 피검 대상에 대하여 결과의 출력을 지시하는 출력 지시 수단을 구비하고,

상기 출력 지시 수단은 상기 결과의 출력의 지시의 반복을 거쳐 최종적으로 가장 상기 결과의 출력의 지시가 행해지고 있는 1 이상의 피검 대상을 탐색 해로서 특징하는 것을 특징으로 하는 해 탐색 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 각각 설정된 확률분포에 기초하여 결과를 출력하는 3 이상의 피검 대상 중 최량의 결과의 출력이 기대되는 피검 대상의 조합을 탐색하고,

상기 출력 지시 수단은 상기 결과의 출력의 지시의 반복을 거쳐 최종적으로 가장 상기 결과의 출력의 지시가 행해지고 있는 피검 대상의 조합을 탐색 해로서 특징하는 것을 특징으로 하는 해 탐색 시스템.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 출력 지시 수단에 의한 출력 지시에 따라, 시계열적으로 확률분포가 변화하는 피검 대상의 조합을 탐색함에 있어서, 2 이상의 당해 해 탐색 시스템을 사용하여 해 탐색을 행하는 것을 특징으로 하는 해 탐색 시스템.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 전적 우열 비교 수단은 하나의 피검 대상이 보다 우수한 결과를 출력한 경우 및 다른 피검 대상이 보다 뒤떨어지는 결과를 출력한 경우에, 상기 하나의 피검 대상에 있어서의 지금까지의 전적을 보다 우수한 측으로 향상시키고, 하나의 피검 대상이 보다 뒤떨어진 결과를 출력한 경우 및 다른 피검 대상이 보다 우수한 결과를 출력한 경우에, 상기 하나의 피검 대상에 있어서의 지금까지의 전적을 보다 뒤떨어지는 측으로 하강시키는 것을 특징으로 하는 해 탐색 시스템.

청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 전적 우열 비교 수단은 상기 각 피검 대상의 전적과 피검 대상 전체의 전적의 평균과의 차분을 내부 리소스값으로 하고,

상기 제어 수단은

상기 내부 리소스값이 정이며, 상기 피검 대상으로부터 출력된 최근의 결과가 보다 우수한 것인 경우에는, 상기 계량변수를 증가시키고,

상기 내부 리소스값이 정이며, 상기 피검 대상으로부터 출력된 최근의 결과가 보다 뒤떨어지는 것인 경우에는, 상기 계량변수를 그대로 하고,

상기 내부 리소스값이 0이며, 상기 피검 대상으로부터 출력된 최근의 결과가 보다 우수한 것인 경우에는, 상기 계량변수를 증가시키고,

상기 내부 리소스값이 0이며, 상기 피검 대상으로부터 출력된 최근의 결과가 보다 뒤떨어지는 것인 경우에는,

상기 계량변수를 하강시키고,

상기 내부 리소스값이 부이며, 상기 피검 대상으로부터 출력된 최근의 결과가 보다 우수한 것인 경우에는, 상기 계량변수를 그대로 하고,

상기 내부 리소스값이 부이며, 상기 피검 대상으로부터 출력된 최근의 결과가 보다 뒤떨어지는 것인 경우에는, 상기 계량변수를 하강시키는 것을 특징으로 하는 해 탐색 시스템.

청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제어 수단은 상기 피검 대상마다 할당되는 계량변수의 합계가 일정하게 되도록 제어하는 것을 특징으로 하는 해 탐색 시스템.

청구항 7

확률분포에 기초하여 결과를 출력하는 2 이상의 피검 대상 중 최량의 결과의 출력이 기대되는 피검 대상을 탐색하는 해 탐색 프로그램에 있어서,

상기 출력된 결과의 축적에 기초하는 지금까지의 전적을 상기 피검 대상마다 각각 구하고, 상기 각 피검 대상의 전적을 피검 대상 전체의 전적과의 관계에 있어서 그 우열을 비교하는 전적 우열 비교 스텝과,

상기 전적 우열 비교 수단에 의해 비교된 전적의 우열과, 상기 피검 대상으로부터 출력된 최근의 결과에 기초하여, 계량변수를 증가 또는 감소시키도록 제어하는 것을 당해 피검 대상마다 행하는 제어 스텝과,

상기 계량변수가 역치를 넘은 상기 피검 대상에 대하여 결과의 출력을 지시하는 출력 지시 스텝을 가지고,

상기 출력 지시 스텝에서는, 상기 결과의 출력의 지시의 반복을 거쳐 최종적으로 가장 상기 결과의 출력의 지시가 행해지고 있는 1 이상의 피검 대상을 탐색 해로서 특정하는 것을 컴퓨터에 실행시키는 것을 특징으로 하는 해 탐색 프로그램.

청구항 8

제 7 항에 있어서, 상기 전적 우열 비교 스텝에서는, 하나의 피검 대상이 보다 우수한 결과를 출력한 경우 및 다른 피검 대상이 보다 뒤떨어지는 결과를 출력한 경우에, 상기 하나의 피검 대상에 있어서의 지금까지의 전적을 보다 우수한 측으로 향상시키고, 하나의 피검 대상이 보다 뒤떨어진 결과를 출력한 경우 및 다른 피검 대상이 보다 우수한 결과를 출력한 경우에, 상기 하나의 피검 대상에 있어서의 지금까지의 전적을 보다 뒤떨어지는 측으로 하강시키는 것을 특징으로 하는 해 탐색 프로그램.

청구항 9

제 7 항 또는 제 8 항에 있어서, 상기 전적 우열 비교 스텝에서는, 상기 각 피검 대상의 전적과 피검 대상 전체의 전적의 평균과의 차분을 내부 리소스값으로 하고,

상기 제어 스텝에서는

상기 내부 리소스값이 정이며, 상기 피검 대상으로부터 출력된 최근의 결과가 보다 우수한 것인 경우에는, 상기 계량변수를 증가시키고,

상기 내부 리소스값이 정이며, 상기 피검 대상으로부터 출력된 최근의 결과가 보다 뒤떨어지는 것인 경우에는, 상기 계량변수를 그대로 하고,

상기 내부 리소스값이 0이며, 상기 피검 대상으로부터 출력된 최근의 결과가 보다 우수한 것인 경우에는, 상기 계량변수를 증가시키고,

상기 내부 리소스값이 0이며, 상기 피검 대상으로부터 출력된 최근의 결과가 보다 뒤떨어지는 것인 경우에는, 상기 계량변수를 하강시키고,

상기 내부 리소스값이 부이며, 상기 피검 대상으로부터 출력된 최근의 결과가 보다 우수한 것인 경우에는, 상기 계량변수를 그대로 하고,

상기 내부 리소스값이 부이며, 상기 피검 대상으로부터 출력된 최근의 결과가 보다 뒤떨어지는 것인 경우에는, 상기 계량변수를 하강시키는 것을 특징으로 하는 해 탐색 프로그램.

청구항 10

제 7 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제어 스텝에서는, 상기 피검 대상마다 할당되어 있는 계량 변수의 합계가 일정하게 되도록 제어하는 것을 특징으로 하는 해 탐색 프로그램.

청구항 11

확률분포에 기초하여 결과를 출력하는 2 이상의 피검 대상 중 최량의 결과의 출력이 기대되는 피검 대상을 탐색하는 해 탐색 방법에 있어서,

상기 출력된 결과의 축적에 기초하는 지금까지의 전적을 상기 피검 대상마다 각각 구하고, 상기 각 피검 대상의 전적을 피검 대상 전체의 전적과의 관계에 있어서 그 우열을 비교하는 전적 우열 비교 스텝과,

상기 전적 우열 비교 수단에 의해 비교된 전적의 우열과, 상기 피검 대상으로부터 출력된 최근의 결과에 기초하여, 계량변수를 증가 또는 감소시키도록 제어하는 것을 당해 피검 대상마다 행하는 제어 스텝과,

상기 계량변수가 역치를 넘은 상기 피검 대상에 대하여 결과의 출력을 지시하는 출력 지시 스텝을 가지고,

상기 출력 지시 스텝에서는, 상기 결과의 출력의 지시의 반복을 거쳐 최종적으로 가장 상기 결과의 출력의 지시가 행해지고 있는 1 이상의 피검 대상을 탐색 해로서 특정하는 것을 특징으로 하는 해 탐색 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서, 상기 전적 우열 비교 스텝에서는, 하나의 피검 대상이 보다 우수한 결과를 출력한 경우 및 다른 피검 대상이 보다 뒤떨어지는 결과를 출력한 경우에, 상기 하나의 피검 대상에 있어서의 지금까지의 전적을 보다 우수한 측으로 향상시키고, 하나의 피검 대상이 보다 뒤떨어진 결과를 출력한 경우 및 다른 피검 대상이 보다 우수한 결과를 출력한 경우에, 상기 하나의 피검 대상에 있어서의 지금까지의 전적을 보다 뒤떨어지는 측으로 하강시키는 것을 특징으로 하는 해 탐색 방법.

청구항 13

제 11 항 또는 제 12 항에 있어서, 상기 전적 우열 비교 스텝에서는, 상기 각 피검 대상의 전적과 피검 대상 전체의 전적의 평균과의 차분을 내부 리소스값으로 하고,

상기 제어 스텝에서는

상기 내부 리소스값이 정이며, 상기 피검 대상으로부터 출력된 최근의 결과가 보다 우수한 것인 경우에는, 상기 계량변수를 증가시키고,

상기 내부 리소스값이 정이며, 상기 피검 대상으로부터 출력된 최근의 결과가 보다 뒤떨어지는 것인 경우에는, 상기 계량변수를 그대로 하고,

상기 내부 리소스값이 0이며, 상기 피검 대상으로부터 출력된 최근의 결과가 보다 우수한 것인 경우에는, 상기 계량변수를 증가시키고,

상기 내부 리소스값이 0이며, 상기 피검 대상으로부터 출력된 최근의 결과가 보다 뒤떨어지는 것인 경우에는, 상기 계량변수를 하강시키고,

상기 내부 리소스값이 부이며, 상기 피검 대상으로부터 출력된 최근의 결과가 보다 우수한 것인 경우에는, 상기 계량변수를 그대로 하고,

상기 내부 리소스값이 부이며, 상기 피검 대상으로부터 출력된 최근의 결과가 보다 뒤떨어지는 것인 경우에는, 상기 계량변수를 하강시키는 것을 특징으로 하는 해 탐색 방법.

청구항 14

제 11 항 내지 제 13 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제어 스텝에서는, 상기 피검 대상마다 할당되는 계량 변수의 합계가 일정하게 되도록 제어하는 것을 특징으로 하는 해 탐색 방법.

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 조합 보수 최대화 문제의 해(解)를 고속으로 또한 효율적으로 이끌어냄에 있어서 적합한 해 탐색 시스템 및 방법, 해 탐색 프로그램에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 종래부터, 기대값을 최대화하는 해를 탐색하는 문제의 대표예로서 밴디트 문제가 있다. 이 밴디트 문제는 받을 수 있는 합계 보수의 기대값을 최대화하는 것을 목적으로 하고, 플레이어는 n종류의 상이한 행동선택지로부터 하나의 선택지를 선택하는 동작을 반복한다. 각 선택 후에는 매회 선택한 행동에 의존하는 확률분포로부터 선택된 결과가 플레이어의 보수로서 주어진다.

[0003] 만일 복수의 슬롯머신이 존재하고, 각 슬롯머신의 레버를 당김으로써 어떤 확률분포하에서 코인(보수)을 받을 수 있는 것으로 한다. 이 코인이 나올 확률분포(당선 확률)가 슬롯머신마다 상이한 경우로서, 또한 플레이어는 그 당선 확률을 모르는 경우를 생각해본다. 이 때, 각 슬롯머신의 당선 확률을 알 수 있는 가장 일반적인 방법 으로서는 우선 각 슬롯머신을 다수회에 걸쳐 순서대로 플레이하고, 실제로 가장 보수가 컸던 슬롯머신이 가장 당선 확률이 높은 것이라고 판단한다.

[0004] 그러나, 이러한 방법에서는 실제로 가장 당선 확률이 높은 슬롯머신을 특정함에 있어서 상당한 횟수에 걸쳐 슬롯머신을 플레이해야 하여 결과적으로 많은 투자가 필요하게 된다. 이 때문에, 각 슬롯머신에 있어서의 당선 확률을 조사함에 있어서 최대한 투자를 적게 하면서 효율적으로 해를 탐색할 수 있는 알고리즘을 생각할 필요가 있는 것을 알 수 있다.

[0005] 이러한 경우에는, 상기 서술한 바와 같은 받을 수 있는 합계 보수의 기대값을 최대화하는 밴디트 문제로 치환하여 이것을 풀 수 있다(예를 들면, 비특허문헌 1 참조.). 특히 이 밴디트 문제 중에서 n종류의 상이한 행동선택 지로부터 최량의 결과의 출력이 기대되는 조합을 선택하는, 소위 조합 밴디트 문제도 최근에 있어서 주목되고 있다. 이 조합 밴디트 문제에서는 복수대의 슬롯머신 중에서 보다 높은 배당을 기대할 수 있는 슬롯머신의 조합을 선택하는 경우 뿐만아니라, 예를 들면 코그니티브 무선통신에 있어서 데이터 전송량을 최대화할 수 있는 채널의 최적의 조합의 선택, 인터넷 광고에 있어서 클릭수를 최대화할 수 있는 광고의 최적의 조합, 또한 가장 투자 리턴이 큰 금융상품의 포트폴리오의 선택 등, 다양한 분야에 있어서 니즈가 있다. 이러한 응용예의 경우에는, 보다 일반적인 조합 보수 최대화 문제가 된다. 즉, 플레이어가 다수이며, 각각의 플레이어의 선택에 의존하여(예를 들면 페이 오프 행렬에 의해) 각 플레이어의 보수량이 결정된다. 그러나, 본 명세서에서는 간단하게 하기 위해서, 각 슬롯머신이 독립된 경우의 조합 보수 최대화 문제(특히 2개의 조합)에 대해서 예를 들어 설명한다.

선행기술문헌

비특허문헌

[0006] (비특허문헌 0001) S.J.Kim, M.Aono, M.Hara, BioSystems 101, 29-36(2010)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 그러나, 종래에 있어서, 조합 밴디트 문제의 해를 자동적으로 탐색하여 구하기 위한 알고리즘이 특별히 제안되어 있지 않았다. 정보량이 증대의 일로를 걷는 오늘날에 있어서, 대량의 정보로부터 고속으로 또한 효율적으로 조합 밴디트 문제의 해를 구하기 위한 사회적 요청이 높아진다고 생각되지만, 이것에 대해서 특별한 해결책이 제안되어 있지 않은 것이 현상상황이었다.

[0008] 본 발명은 상기 서술한 문제점을 감안하여 안출된 것이며, 그 목적으로 하는 바는 고속으로 또한 효율적으로 조합 밴디트 문제의 해를 구하는 것이 가능한 해 탐색 시스템 및 방법, 해 탐색 프로그램 해 탐색 시스템을 제공하는 것에 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명을 적용한 해 탐색 시스템은, 상기 서술한 과제를 해결하기 위해서, 확률분포에 기초하여 결과를 출력하는 2 이상의 피검 대상 중 최량의 결과의 출력이 기대되는 피검 대상을 탐색하는 해 탐색 시스템에 있어서, 상기 출력된 결과의 축적에 기초하는 지금까지의 전적을 상기 피검 대상마다 각각 구하고, 상기 각 피검 대상의 전적을 피검 대상 전체의 전적과의 관계에 있어서 그 우열을 비교하는 전적 우열 비교 수단과, 상기 전적 우열 비교 수단에 의해 비교된 전적의 우열과, 상기 피검 대상으로부터 출력된 최근의 결과에 기초하여, 계량변수를 증가 또는 감소시키도록 제어하는 것을 당해 피검 대상마다 행하는 제어 수단과, 상기 계량변수가 역치를 넘은 상기 피검 대상에 대하여 결과의 출력을 지시하는 출력 지시 수단을 구비하고, 상기 출력 지시 수단은 상기 결과의 출력의 지시의 반복을 거쳐 최종적으로 가장 상기 결과의 출력의 지시가 행해지고 있는 1 이상의 피검 대상을 탐색 해로서 특징하는 해 탐색 시스템인 것을 특징으로 한다.

[0010] 본 발명을 적용한 조합 탐색 프로그램은 확률분포에 기초하여 결과를 출력하는 2 이상의 피검 대상 중 최량의 결과의 출력이 기대되는 피검 대상을 탐색하는 해 탐색 프로그램에 있어서, 상기 출력된 결과의 축적에 기초하는 지금까지의 전적을 상기 피검 대상마다 각각 구하고, 상기 각 피검 대상의 전적을 피검 대상 전체의 전적과의 관계에 있어서 그 우열을 비교하는 전적 우열 비교 스텝과, 상기 전적 우열 비교 수단에 의해 비교된 전적의 우열과, 상기 피검 대상으로부터 출력된 최근의 결과에 기초하여, 계량변수를 증가 또는 감소시키도록 제어하는 것을 당해 피검 대상마다 행하는 제어 스텝과, 상기 계량변수가 역치를 넘은 상기 피검 대상에 대하여 결과의 출력을 지시하는 출력 지시 스텝을 가지고, 상기 출력 지시 스텝에서는 상기 결과의 출력의 지시의 반복을 거쳐 최종적으로 가장 상기 결과의 출력의 지시가 행해지고 있는 1 이상 피검 대상을 탐색 해로서 특징하는 것을 컴퓨터에 실행시키는 것을 특징으로 한다.

[0011] 본 발명을 적용한 조합 탐색 방법은 확률분포에 기초하여 결과를 출력하는 2 이상의 피검 대상 중 최량의 결과의 출력이 기대되는 피검 대상을 탐색하는 해 탐색 방법에 있어서, 상기 출력된 결과의 축적에 기초하는 지금까지의 전적을 상기 피검 대상마다 각각 구하고, 상기 각 피검 대상의 전적을 피검 대상 전체의 전적과의 관계에 있어서 그 우열을 비교하는 전적 우열 비교 스텝과, 상기 전적 우열 비교 수단에 의해 비교된 전적의 우열과, 상기 피검 대상으로부터 출력된 최근의 결과에 기초하여, 계량변수를 증가 또는 감소시키도록 제어하는 것을 당해 피검 대상마다 행하는 제어 스텝과, 상기 계량변수가 역치를 넘은 상기 피검 대상에 대하여 결과의 출력을 지시하는 출력 지시 스텝을 가지고, 상기 출력 지시 스텝에서는 상기 결과의 출력의 지시의 반복을 거쳐 최종적으로 가장 상기 결과의 출력의 지시가 행해지고 있는 1 이상의 피검 대상을 탐색 해로서 특징하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0012] 상기 서술한 구성으로 이루어지는 본 발명에 의하면, 피검 대상으로부터 출력된 지금까지의 전적의 우열과, 피검 대상으로부터 출력된 최근의 결과에 기초하여, 계량변수를 증가 또는 감소시키고, 이 계량변수의 값에 따라 결과의 출력을 지시할지 여부를 결정한다. 그리고, 결과의 출력의 지시의 반복을 거쳐 최종적으로 가장 결과의 출력의 지시가 행해지고 있는 피검 대상의 조합을 탐색해야 할 조합으로서 특정한다. 이것에 의해, 조합 밴디트 문제의 해를 자동적으로 탐색하여 구하는 것이 가능하게 되고, 정보량이 증대의 일로를 걷는 오늘날에 있어서, 대량의 정보로부터 고속으로 또한 효율적으로 조합 밴디트 문제의 해를 구하는 것이 가능하게 된다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 본 발명을 적용한 해 탐색 시스템의 전체 구성을 나타내는 도면이다.
 도 2는 계량변수에 대해서 설명하기 위한 도면이다.
 도 3은 본 발명을 적용한 해 탐색 시스템의 다른 전체 구성예를 나타내는 도면이다.
 도 4는 본 발명을 적용한 해 탐색 시스템을 컴퓨터 프로그램으로 실현한 경우에 있어서의 실시예를 나타내는 도면이다.
 도 5는 피검 대상의 당선 확률이 0.2, 0.5, 0.8의 3개의 샘플에 대한 조합을 선택하는 시뮬레이션을 행하는 예를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 이하, 본 발명을 적용한 해 탐색 시스템에 대해서 도면을 참조하면서 상세하게 설명한다.

- [0015] 도 1은 본 발명을 적용한 해 탐색 시스템(1)의 전체 구성을 나타내고 있다. 이 해 탐색 시스템(1)은 2 이상의 피검 대상(5a~5d) 중 최량의 결과의 출력이 기대되는 피검 대상(5)의 조합을 탐색하는 시스템이다. 해 탐색 시스템(1)은 전적 우열 비교부(2)와, 이 전적 우열 비교부(2)에 접속된 제어부(3a~3d)와, 제어부(3a~3d)에 접속된 출력 지시부(4a~4d)를 구비하고 있다.
- [0016] 덧붙이면, 이 제어부(3a~3d), 출력 지시부(4a~4d)는 각각 피검 대상(5)의 수와 동등하게 되도록 설치되는 것이며, 도 1의 예에서는 4개의 피검 대상(5)으로 이루어지기 때문에, 이들 제어부(3), 출력 지시부(4)도 4개씩으로 구성된다.
- [0017] 피검 대상(5)은 각각 설정된 확률분포에 기초하여 결과를 출력하는 대상물이다. 예를 들면, 슬롯머신이나 과천코의 대와 같이, 설정된 확률분포에 기초하여 코인이라는 결과물을 출력하는 것이어도 된다. 또, 코그니티브 무선통신은 각 채널의 데이터 전송량의 대소는 그 때마다 변화하는 것인데, 이것에 대해서도 어느 시점에서 설정된 확률분포로 표현할 수 있다. 이와 같은 코그니티브 무선통신에 있어서 임의의 채널을 선택한 경우에, 실제의 "데이터 전송량"이라는 결과물을 출력한다. 또, 인터넷 광고에 대해서도 게재해야 할 광고의 클릭수의 대소는 확률분포로 나타내는 것이 가능하게 되고, "실제의 클릭수"라는 결과물은 그 확률분포에 기초하여 산출하는 것이 가능하게 된다. 또, 금융상품에 대해서는, 그 장래적인 투자 리턴도 확률분포로 나타낼 수 있고, "실제의 투자 리턴"이라는 결과물도 당해 확률분포에 기초하여 표시된다.
- [0018] 이와 같이, 피검 대상(5)은 출력하는 결과를 확률분포로 변환하는 것이 가능한 모든 사상, 물건, 시스템, 프로그램이나 알고리즘을 포함하는 개념이다. 덧붙이면, 이 피검 대상(5)에 있어서 출력되는 결과의 확률분포는 통상의 정규분포, 가우시안 분포 뿐만아니라 이산적인 분포여도 되고, 2항 분포로 구성되어 있어도 된다. 덧붙이면, 이 피검 대상(5)의 확률분포는 이 해 탐색 시스템(1)의 유저에게 있어서 미지인 것으로 되어 있다. 유저는 이들 피검 대상 중 최량의 결과의 출력이 기대되는 피검 대상의 조합을 탐색하기 위해서 이 해 탐색 시스템(1)을 사용하게 된다.
- [0019] 피검 대상(5a~5d)은 각각 설정된 확률분포에 기초하여 결과 1을 출력한다. 이 때, 피검 대상(5a)으로부터 출력되는 결과를 결과 1_1 이라고 하고, 피검 대상(5b)으로부터 출력되는 결과를 결과 1_2 라고 하고, 피검 대상(5c)으로부터 출력되는 결과를 결과 1_3 라고 하고, 피검 대상(5d)으로부터 출력되는 결과를 결과 1_4 라고 한다. 출력된 결과 1_1 은 전적 우열 비교부(2)에 송신됨과 아울러 제어부(3a)에 송신된다. 출력된 결과 1_2 는 전적 우열 비교부(2)에 송신됨과 아울러 제어부(3b)에 송신된다. 출력된 결과 1_3 는 전적 우열 비교부(2)에 송신됨과 아울러 제어부(3c)에 송신된다. 출력된 결과 1_4 는 전적 우열 비교부(2)에 송신됨과 아울러 제어부(3d)에 송신된다.
- [0020] 전적 우열 비교부(2)는 피검 대상(5a~5d)으로부터 출력되는 결과 $1_1\sim 1_4$ 를 수신하고 이것을 기억한다. 이 전적 우열 비교부(2)는 피검 대상(5a~5d)으로부터 결과 $1_1\sim 1_4$ 를 수신할 때마다 순차적으로 기억해 둬으로써 결과를 축적한다. 그리고, 이 전적 우열 비교부(2)는 피검 대상(5a~5d)마다 출력된 결과의 축적에 기초하는 지금까지의 전적을 각각 구한다. 여기서 말하는 전적은 피검 대상(5)으로부터 출력되는 결과가 보다 우수한 것인지 또는 보다 뒤떨어지는 것인지를 나타내는 모든 데이터를 나타내는 것이다. 피검 대상(5)이 슬롯머신이면 코인이 어느 정도 나왔는지를 나타내는 것이어도 되고, 피검 대상(5)이 인터넷 광고이면 클릭이 어느 정도 행해졌는지를 나타내는 데이터여도 된다. 또, 이 전적 우열 비교부(2)는 각 피검 대상(5)의 전적을 피검 대상(5) 전체의 전적과의 관계에 있어서 그 우열을 비교한다. 여기서 피검 대상(5a)에 대한 피검 대상(5) 전체의 우열을 s_1^t 라고 하고, 피검 대상(5b)에 대한 피검 대상(5) 전체의 우열을 s_2^t 라고 하고, 피검 대상(5c)에 대한 피검 대상(5) 전체의 우열을 s_3^t 라고 하고, 피검 대상(5d)에 대한 피검 대상(5) 전체의 우열을 s_4^t 로 한다. 이들 우열 s_1^t 는 제어부(3a)에, 우열 s_2^t 는 제어부(3b)에, 우열 s_3^t 는 제어부(3c)에, 우열 s_4^t 는 제어부(3d)에 각각 보내진다.
- [0021] 제어부(3a~3d)는 각각 전적 우열 비교부(2)로부터 전적의 우열에 관한 정보 $s_1^t\sim s_4^t$ 가 각각 입력됨과 아울러, 피검 대상(5a~5d)으로부터 최근의 결과 $1_1\sim 1_4$ 가 각각 입력된다. 제어부(3a~3d)는 각각 입력된 전적의 우열에 관한 정보 $s_1^t\sim s_4^t$ 와, 피검 대상으로부터 출력된 최근의 결과에 기초하여 계량변수를 증가 또는 감소시키도록 제어한다.

[0022] 도 2는 이 계량변수의 이미지를 설명하기 위한 도면이다. 계량변수 x^t 는 각피검 대상(5)에 대하여 각각 개별적으로 할당된 파라미터이며, 피검 대상(5)을 선택할지 여부를 판단함에 있어서 기준이 되는 것이다. 이 계량변수 x^t 가 높을수록 그 피검 대상(5)을 선택할 가능성이 높아진다. 한편, 이 계량변수 x^t 가 낮을수록 그 피검 대상(5)을 선택하지 않을 가능성이 높아진다.

[0023] 이와 같은 계량변수 x^t 의 증감을 제어하는 것이 제어부(3)이다. 즉 제어부(3a)는 결과 l_1 과 우열 s_1^t 에 기초하여 계량변수 x_1^t 의 증감을 제어하고, 제어부(3b)는 결과 l_2 와 우열 s_2^t 에 기초하여 계량변수 x_2^t 의 증감을 제어하고, 제어부(3c)는 결과 l_3 과 우열 s_3^t 에 기초하여 계량변수 x_3^t 의 증감을 제어하고, 제어부(3d)는 결과 l_4 와 우열 s_4^t 에 기초하여 계량변수 x_4^t 의 증감을 제어한다. 이들 제어부(3)에 의한 계량변수 x^t 의 제어는 어디까지나 결과 l 과, 우열 s^t 에 기초하는 것이면 어떠한 것이어도 된다.

[0024] 출력 지시부(4a~4d)는 계량변수를 감시하고, 미리 설정한 역치를 넘는지 여부를 판별한다. 그리고, 계량변수가 역치를 넘은 취지를 판별한 경우에는, 피검 대상(5)에 대하여 결과의 출력을 지시한다. 이 도 2의 예에서는, 역치를 넘은 계량변수는 x_2^t 와 x_4^t 이다. 이 때문에, x_2^t 를 감시하는 출력 지시부(4b)와, x_4^t 를 감시하는 출력 지시부(4d)는 피검 대상(5b, 5d)에 대하여 결과의 출력을 지시한다.

[0025] 이와 같이 하여, 피검 대상(5)을 중심으로 하여, 전적 우열 비교부(2), 제어부(3), 출력 지시부(4)의 순서로 소위 피드백 제어가 행해진다. 이와 같은 전적 우열 비교부(2), 제어부(3), 출력 지시부(4)로 이루어지는 해 탐색 시스템(1)은 예를 들면 아날로그 회로, 디지털 회로를 비롯한 어떠한 디바이스에서 구현화되는 것이어도 된다. 덧붙이면, 회로로서 구현화되는 경우에는 FPGA(field-programmable gate array)에 기초하여 구성을 설정하도록 해도 된다. 또, 본 발명은 프로그램으로 구현화되는 것이어도 된다. 이러한 경우에는, 전적 우열 비교부(2)는 이것과 마찬가지로의 처리를 실행하는 전적 우열 비교 스텝으로, 제어부(3)는 이것과 마찬가지로의 처리를 실행하는 제어 스텝으로, 출력 지시부(4)는 이것과 마찬가지로의 처리를 실행하는 출력 지시 스텝으로서 구현화되게 된다. 이것에 더해, 이와 같은 프로그램에 기초하여 동작하는 하드웨어(예를 들면, 퍼스널컴퓨터, 각종 휴대정보단말 등)를 통하여 구현화되는 것이어도 된다.

[0026] 다음에, 본 발명을 적용한 해 탐색 시스템(1)에 의한 조합 탐색 동작에 대해서 설명한다.

[0027] 우선, 피검 대상(5a~5d)의 몇개에 대해서 결과의 출력이 행해진다. 이 결과의 출력이 지시되는 것은 상기 서술한 출력 지시부(4)에 의해 출력 지시가 행해진 것에 한한다.

[0028] 피검 대상(5a~5d)으로부터 출력된 결과 l 은 각각 전적 우열 비교부(2)에 보내짐과 아울러 제어부(3)에 보내진다. 전적 우열 비교부(2)에서는 이 보내져 온 결과 l 에 기초하여 구체적으로 이하의 처리 동작을 행한다.

[0029] 이하의 식(1)에 있어서의 q_i^t 는 각각의 피검 대상(5a~5d)에 있어서의 전적을 나타내는 지수이다. 이 전적지수 q_i^t 의 t 는 이 해 탐색 시스템(1)에 있어서의 피드백 횟수를 나타내고 있다. 또, i 는 도 1에 나타내는 밑에 붙은 숫자에 대응하는 것이며, 각각의 피검 대상(5)에 대응하는 것이다. 즉 i 마다 바꾸어 말하면 피검 대상(5)마다 이 전적지수 q_i^t 를 구해가게 된다.

[0030] [수 1]

$$q_i^t = \alpha \cdot q_i^{t-1} + \sum_{j \in I(i)} \mu \cdot (\rho_i^t \cdot \rho_j^t + \omega \cdot \sum_{\langle k, k' \rangle \in I_2 \setminus \{\langle i, j \rangle\}} \pi_k^t \cdot \pi_{k'}^t) \dots \dots \dots (1)$$

[0031]

[0032] 전적지수 q_i^t 는 피드백의 횟수 t 가 증가함에 따라 순차 갱신된다. 그리고, 이 전적지수 q_i^t 는 그 전의 피드백 횟수 $t-1$ 에서 구한 전적지수 q_i^{t-1} 에 더해, Σ 이후의 항을 더함으로써 표시된다. 또, 이 (1)식에 있어서 α 는 망

각 파라미터이며, 필요에 따라서 설정된다.

[0033] 이 Σ 이후의 항에 있어서, μ 는 계수이다. 또 ρ_i, ρ_j 는 보다 우수한 결과를 출력한 경우를 의미하고 있다. 여기서 ρ_i 는 이제부터 전적지수 q_i^t 를 구하고자 하는 피검 대상(5)이 보다 우수한 결과를 출력한 경우에 "1"이 되고, 보다 뒤떨어지는 결과를 출력한 경우에는 "0"이 된다. ρ_j 는 j 에 해당하는 다른 피검 대상(5)이 보다 우수한 결과를 출력한 경우에 "1"이 되고, 보다 뒤떨어지는 결과를 출력한 경우에는 "0"이 된다. 본 명세에서는 예로서 2개의 조합을 선택하기 위한 시스템인 점에서 ρ 는 2변수로 되어 있다.

[0034] 표 1은 ρ, π 의 취할 수 있는 값을 나타내고 있다.

[0035] [표 1]

| | 우 | 열 | 비출력 |
|--------|---|---|-----|
| ρ | 1 | 0 | 0 |
| π | 0 | 1 | 0 |

[0036] 식(1)의 괄호 내는 $\rho_i \cdot \rho_j$ 와 같이 승산으로 표시되는 점에서, ρ_i 와 ρ_j 의 양쪽이 1인 경우에만 플러스가 된다.

[0037] 또, π 는 i, j 이외의 다른 피검 대상(5)이 보다 뒤떨어진 결과를 출력한 경우에 "1"이 되고, 보다 우수한 결과를 출력한 경우에 "0"이 된다.

[0038] 즉, 이 (1)식의 괄호 내는 그 q_i^t 를 구하는 피검 대상(5)이 보다 우수한 결과를 출력한 경우와, 당해 q_i^t 를 구하는 피검 대상(5) 이외의 다른 피검 대상(5)보다 뒤떨어진 결과를 출력한 경우에 그 수치가 상승하게 된다. 만일 피검 대상(5)이 슬롯머신인 경우에는, 당해 q_i^t 를 구하는 슬롯머신이 당선된 경우에는 (1)식의 괄호 내의 수치를 상승시키고, 당해 q_i^t 를 구하는 슬롯머신이 낙선된 경우에는 (1)식의 괄호 내의 수치를 변화시키지 않는다. 또, 당해 q_i^t 를 구하는 슬롯머신 이외가 당선된 경우에는 (1)식의 괄호 내의 수치를 변화시키지 않고, 당해 q_i^t 를 구하는 슬롯머신 이외가 낙선된 경우에는 (1)식의 괄호 내의 수치를 상승시킨다. 그리고, (1)식의 괄호 내의 수치가 상승함에 따라 전적지수 q_i^t 가 상승하고, 보다 우수한 전적이 된다.

[0039] 이와 같이, 본 발명에서는 q_i^t 를 구하는 하나의 피검 대상(5)이 보다 우수한 결과를 출력한 경우 및 다른 피검 대상이 보다 뒤떨어지는 결과를 출력한 경우에, 당해 하나의 피검 대상(5)에 있어서의 지금까지의 전적 q_i^t 를 보다 우수한 측으로 향상시킨다. 또, q_i^t 를 구하는 하나의 피검 대상(5)이 보다 뒤떨어진 결과를 출력한 경우 및 다른 피검 대상이 보다 우수한 결과를 출력한 경우에, 당해 하나의 피검 대상(5)에 있어서의 지금까지의 전적 q_i^t 를 변화시키지 않는다. 전적 우열 비교부(2)는 이러한 제어를 행하는 것이어도 되며, 상기 서술한 (1)식에 기초하는 제어를 행하는 경우에 한정되는 것이 아니다.

[0040] 또, 어느 출력 결과가 우수하고, 어느 출력 결과가 뒤떨어지고 있는지에 대해서는 어떠한 기준하에서 판단하도록 해도 된다. 상기 서술한 슬롯머신의 예에서는 코인이 나올지 여부로 우열을 정하는 경우에 한정되는 것은 아니며, 코인의 매수나 종별에 따라서 우열을 정하도록 해도 된다. 또, 이 우열에 대해서도, 우수한지 또는 뒤떨어지는지의 2단계로 설정되는 경우에 한정되는 것이 아니며, 3단계 이상으로 우열을 평가하도록 해도 된다. 덧붙이면, 3단계 이상으로 우열을 랭크 구분하는 경우에 있어서도, 하나의 피검 대상(5)이 보다 상위 랭크일수록 q_i^t 를 상승시키고, 다른 피검 대상(5)이 보다 하위 랭크일수록 q_i^t 를 하강시키도록 조정을 행한다.

[0041] 전적 우열 비교부(2)는 이와 같이 하여 각 피검 대상(5a~5d)에 대해서 각각 전적지수 $q_1^t \sim q_4^t$ 를 구한 후, 그 전적지수 $q_1^t \sim q_4^t$ 를 피검 대상 전체(5)의 전적과의 관계에 있어서 그 우열을 비교한다. 그리고, 이 우열의 비교

결과로서의 내부 리소스값 s_i^t 를 각각 출력한다.

[0043] 이러한 경우에 (2)식에 기초하여 그 우열을 비교하도록 해도 된다.

[0044] [수 2]

$$s_i^t = x_0^t + q_i^{t-1} - \text{Mean}_{k \in \Lambda(i)} \{q_k^{t-1}\}$$

[0045] (2)

[0046] 식 (2)은 하나의 피검 대상(5)의 전적 q_i^{t-1} 과 피검 대상(5) 전체의 전적 q_k^{t-1} 의 평균과의 차분을 내부 리소스값 s_i^t 라고 하고 있다. 예를 들면, 피검 대상(5a)에 대한 내부 리소스값 s_1^t 를 구하는 경우에는 그 전적 q_1^{t-1} 과, 전체 피검 대상의 전적 q_1^{t-1} , q_2^{t-1} , q_3^{t-1} , q_4^{t-1} 의 평균과의 차분을 구한다. 덧붙이면, (2)식의 우항에 있어서 x_0^t 는 어디까지나 조정값이며, 필수적인 것이 아니다. 이 (2)식에 기초하여 내부 리소스값 s_i^t 를 판단하는 경우에 한정되는 것이 아니다. 내부 리소스값 s_i^t 는 그것에 대응하는 하나의 피검 대상(5)의 전적 q_i^{t-1} 가 다른 피검 대상(5)과의 사이에서 상대적으로 우수인지 여부를 나타내는 것이면 어떠한 계산식으로 또는 어떠한 방법으로 이것을 평가하도록 해도 된다. 전적 우열 비교부(2)는 이들 계산한 $s_1^t \sim s_4^t$ 를 각각 제어부(3a~3d)에 출력한다.

[0047] 제어부(3a~3d)는 이들 $s_1^t \sim s_4^t$ 및 피검 대상(5a~5d)으로부터 최근의 결과 $l_1^t \sim l_4^t$ 가 각각 입력된 경우에, 예를 들면 이하의 제어를 행한다.

[0048] 표 2는 이 제어부(3)에 의한 제어를 행함에 있어서 참작하는 테이블의 예를 나타내고 있다.

[0049] [표 2]

| | $s_i^t > 0$ | $s_i^t = 0$ | $s_i^t < 0$ |
|--------------|-------------|-------------|-------------|
| $l_i^t = -1$ | 1 | 1 | 0 |
| $l_i^t = 1$ | 0 | -1 | -1 |

[0050]

[0051] 이 표 2에 의하면, 제어부(3)는 내부 리소스값 s_i^t 와, 피검 대상(5)으로부터 출력된 최근의 결과 l_i^t 에 의해 형성되는 매트릭스에 기초하여 제어 방법을 결정한다. 여기서 $l_i^t = -1$ 은 보다 우수한 결과가 출력된 경우를 의미하고 있다. 또, $l_i^t = 1$ 은 보다 뒤떨어진 결과가 출력된 경우를 의미하고 있다. 덧붙이면, 이 l_i^t 의 우열의 기준에 대해서도 어떠한 것이어도 된다.

[0052] 또, 표 중의 수치(-1, 0, 1)의 의미에 대해서는, 우선 "-1"은 계량변수 x 를 성장 속도를 감소시키도록 제어한다. 또, "0"은 계량변수 x^t 의 성장 속도를 특별히 증감시키지 않는 것을 의미하고, "1"은 계량변수 x^t 의 성장 속도를 증가시키도록 제어한다.

[0053] 덧붙여서 이하의 예에서는 x_0^t 는 x_i 의 값에 의해 정해지는 것이라고 가정하고 있다.

[0054] 제어부(3)는 이 표 2에 기초하여 구체적으로 이하의 제어를 행한다.

[0055] 내부 리소스값 s_i^t 가 정이며, 피검 대상(5)으로부터 출력된 최근의 결과 l_i^t 가 보다 우수한 것인 경우(-1)에는 "1"인 점에서 계량변수 x^t 의 성장 속도를 증가시킨다. 내부 리소스값 s_i^t 가 정이며, 피검 대상(5)으로부터 출력

된 최근의 결과 l_i^t 가 보다 뒤떨어지는 것인 경우(=1)에는 "0"인 점에서 계량변수 x^t 의 성장 속도를 증가시키지 않고 그대로 한다. 내부 리소스값 s_i^t 가 0이며, 피검 대상(5)으로부터 출력된 최근의 결과 l_i^t 가 보다 우수한 것인 경우(=-1)에는 "1"인 점에서 계량변수 x^t 의 성장 속도를 증가시킨다. 내부 리소스값 s_i^t 가 0이며, 피검 대상(5)으로부터 출력된 최근의 결과 l_i^t 가 보다 뒤떨어지는 것인 경우(=1)에는 "-1"인 점에서 계량변수 x^t 의 성장 속도를 감소시킨다. 내부 리소스값 s_i^t 가 부이며, 피검 대상(5)으로부터 출력된 최근의 결과 l_i^t 가 보다 우수한 것인 경우(=-1)에는 "0"인 점에서 계량변수 x^t 의 성장 속도를 그대로 하고, 내부 리소스값 s_i^t 가 부이며, 피검 대상(5)으로부터 출력된 최근의 결과 l_i^t 가 보다 뒤떨어지는 것인 경우(=1)에는 "-1"인 점에서 계량변수 x^t 의 성장 속도를 감소시킨다.

[0056] 이와 같이 하여 제어부(3)는 전적 우열 비교부(2)에 의해 비교된 전적의 우열에 기초하는 내부 리소스값 s_i^t 와, 피검 대상(5)으로부터 출력된 최근의 결과 l_i^t 에 기초하여, 계량변수 x^t 를 증가 또는 감소시키도록 제어한다. 덧붙이면 표 2 중의 수치는 어디까지나 일례이며, 내부 리소스값 s_i^t 와 최근의 결과 l_i^t 에 기초하는 것이면 어떠한 수치여도 된다.

[0057] 또, 상기 서술한 예에서는, 내부 리소스값 s_i^t 를 3단계로 표시하고, 최근의 결과 l_i^t 를 2단계로 표시하여, 합계 2×3 의 매트릭스로 표시하고 있는데, 이것에 한정되는 것이 아니며, s_i^t , l_i^t 모두 최저 2단계이면 몇단계로 랭크 구분해도 된다.

[0058] 또한, 이 제어부(3)는 이와 같은 매트릭스 표에서 제어 방법을 규정하는 경우에 한정되는 것은 아니며, 내부 리소스값 s_i^t 와 최근의 결과 l_i^t 에 기초하는 것이면 다른 어떠한 방법에 기초하여 계량변수 x^t 의 증감을 제어하도록 해도 된다. 구체적으로는 내부 리소스값 s_i^t 와 최근의 결과 l_i^t 를 변수로 한 소정의 연산식에 따라 제어 방법을 정하도록 해도 된다.

[0059] 이와 같이 하여 제어부에 의해 계량변수 x^t 의 증감을 제어하는 결과, 도 2에 나타내는 바와 같이, 어떤 피검 대상(5)에 대한 계량변수 x^t 는 역치 미만이며, 어떤 피검 대상(5)에 대한 계량변수 x^t 는 역치 이상이 된다. 출력 지시부(4)는 이들 경량 파라미터 x^t 를 각각 역치와의 관계로 비교하고, 역치를 넘은 계량변수 x^t 에 따른 피검 대상(5)에 대해서만 결과의 출력을 지시한다. 결과의 출력이 지시된 피검 대상(5)은 새로운 결과를 각각의 확률 분포에 기초하여 출력하게 된다.

[0060] 본 발명을 적용한 해 탐색 시스템(1)에서는, 이들 동작을 반복 실행한다. 그 결과, 출력 지시부(4)에 의해 출력 지시가 나오는 피검 대상(5)의 조합이 서서히 일정화되어 온다. 최종적으로는 이 출력 지시가 나오는 피검 대상(5)은 일정한 것에 수축된다. 이 수축되어 오는 피검 대상(5)의 조합이 해 탐색 시스템(1)에 의해 선택되어 오는 해가 된다.

[0061] 덧붙이면, 해 탐색 시스템(1)에 의해 해를 구함에 있어서, 피검 대상(5a~5d) 마다 할당되는 계량변수 $x_1 \sim x_4$ 와 x_0^t 와의 합계가 일정하게 되도록 제어함으로써, 보다 탐색 정밀도를 높이는 것이 가능하게 된다. 즉, $x_0^t + x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = \text{일정}$ 으로 해 둬으로써, 계량변수 x^t 가 전체적으로 커져버리고, 역치와의 사이에서 밸런스를 취할 수 없게 되는 것을 방지할 수 있고, 이것이 탐색 정밀도의 향상으로 이어지게 된다.

[0062] x_0^t 는 다른 계량변수 x_i 의 값에 의해 영향을 받는 변수이다. 상기 서술한 처리 동작을 반복 진행해가는 결과, 상기 서술한 (2)식에 있어서, 당초에는 x_0^t 의 항이 지배적이 되고, q_i^{t-1} 이후의 항(하나의 피검 대상(5)의 전적

q_i^{t-1} 과 피검 대상(5) 전체의 전적 q_k^{t-1} 의 평균과의 차분)에 대해서는 그다지 이 s_i^t 를 결정함에 있어서 큰 영향을 주는 것은 아니다. 그 결과, 이 s_i^t 는 전적 q_i^{t-1} 과 전적 q_k^{t-1} 의 평균과의 차분에 영향을 받지 않아 자유도가 높아지고, 그 만큼 랜덤한 값을 취하기 쉽게 된다. 그 결과, 랜덤한 값을 취하기 쉽게 되는 s_i^t 를 통하여 다양한 출력 지시(4a~4d)가 행해지고, 다양한 해를 탐색하는 것이 가능하게 된다.

[0063] 이에 대해, t 가 커짐에 따라, 바꾸어 말하면 피드백 횟수가 많아짐에 따라, 서서히 q_i^{t-1} 이후의 항(하나의 피검 대상(5)의 전적 q_i^{t-1} 과 피검 대상(5) 전체의 전적 q_k^{t-1} 의 평균과의 차분)이 커진다. 그 결과, 이 s_i^t 를 결정함에 있어서, s_i^t 보다 전적 q_i^{t-1} 과 전적 q_k^{t-1} 의 평균과의 차분값이 지배적이 되어온다. 그리고, 다음회에 출력 지시(4a~4d)가 행해지는 것에 대해서는, 전적 q_i^{t-1} 과 전적 q_k^{t-1} 의 평균과의 차분값이 보다 영향을 받게 된다.

[0064] 이와 같이 하여 최종적으로 출력 지시가 행해지는 것은 전적 q_i^{t-1} 과 전적 q_k^{t-1} 의 평균과의 차분값에 의한 영향을 받는 것에 수속되어 온다.

[0065] 상기 서술한 구성으로 이루어지는 본 발명에 의하면, 피검 대상(5)으로부터 출력된 지금까지의 전적의 우열과, 피검 대상(5)으로부터 출력된 최근의 결과에 기초하여 계량변수를 증가 또는 감소시키고, 이 계량변수의 값에 따라서 결과의 출력을 지시할지 여부를 결정한다. 그리고, 결과의 출력의 지시의 반복을 거쳐 최종적으로 가장 결과의 출력의 지시가 행해지고 있는 피검 대상(5)의 조합을 탐색해야 할 조합으로서 특정한다. 이것에 의해, 조합 밴디트 문제의 해를 자동적으로 탐색하여 구하는 것이 가능하게 되고, 정보량이 증대의 일로를 걷는 오늘날에 있어서, 대량의 정보로부터 고속으로 또한 효율적으로 조합 밴디트 문제의 해를 구하는 것이 가능하게 된다.

[0066] 또한, 본 발명은 상기 서술한 실시형태에 한정되는 것은 아니다. 예를 들면, 도 3에 나타내는 바와 같이 둘 이상의 해 탐색 시스템(1)을 사용하여, 피검 대상(5)을 탐색하도록 해도 된다. 도 3에서는, 2개의 해 탐색 시스템(1a), 해 탐색 시스템(1b)을 사용하여 피검 대상(5a~5d)을 탐색하는 경우에 대해서 나타내고 있다. 덧붙이면, 이 2개의 해 탐색 시스템(1a), 해 탐색 시스템(1b)은 서로의 동일한 피검 대상(5a~5d)의 그룹의 탐색을 행한다. 바꾸어 말하면 도면 중에 있어서 해 탐색 시스템(1b)측의 점선으로 표시되어 있는 피검 대상(5a~5d)은 해 탐색 시스템(1a)측의 실선으로 표시되어 있는 피검 대상(5a~5d)과 동일한 것이다.

[0067] 이 케이스에서는 피검 대상(5)의 수는 2 이상이면 된다. 즉 최저 2개의 피검 대상(5) 중 최량의 결과의 출력이 기대되는 하나의 피검 대상(5)을 선택하는 것이어도 된다. 이러한 점에 있어서, 이 케이스에서는 둘 이상의 피검 대상(5)의 조합을 탐색하는 경우에 한정되는 것이 아니며, 하나의 피검 대상(5)을 해로서 탐색하는 것이어도 된다.

[0068] 또 이 케이스에 있어서 피검 대상(5)은 미리 확률분포가 설정되어 있는 것에 한정되는 것이 아니며, 확률분포가 시계열적으로 즉 시간의 경과에 따라 변화하는 것이어도 된다. 게다가, 그 피검 대상(5)에 있어서의 시계열적인 확률분포의 변화가 출력 지시부(4a~4d)에 의한 출력 지시에 대응하는 것이어도 된다. 즉, 출력 지시부(4b)로부터의 출력 지시가 있었던 경우, 이것에 대응하는 피검 대상(5b)만이 당해 출력 지시에 따라서 스스로의 확률분포를 변화시키고, 그 변화시킨 확률분포에 기초하여 결과를 출력한다.

[0069] 또한, 각 피검 대상(5)에 의한 각 확률분포의 변화는 다른 피검 대상(5)에 의한 출력과 독립적이지 않고, 어떠한 상관성을 갖게 하도록 해도 된다. 즉, 하나의 피검 대상(5a)이 보다 높은 확률로 당첨을 내는 확률분포를 하는 경우에, 다른 하나의 피검 대상(5b)은 이것과 상관성이 높은 확률분포를 설정하도록 해도 되고, 추가적인 다른 하나의 피검 대상(5b)은 이것과 부의 상관성을 가지는 확률분포를 설정하거나 해도 된다. 이들 상관성은 어떠한 것으로 표현되어 있어도 된다.

[0070] 이 케이스에서는 2개의 해 탐색 시스템(1a), 해 탐색 시스템(1b)을 사용하여, 상기 서술한 바와 마찬가지로 해 탐색을 행해간다. 출력 지시가 행해질 때마다 이것에 따라 피검 대상(5)의 확률분포가 시계열적으로 변화하고, 게다가 그 확률분포의 변화가 복수의 피검 대상(5)과의 사이에서 독립적이지 않고 서로 상관성을 가지고 있다. 이들 처리를 반복 실행함으로써, 상기 서술한 바와 마찬가지로 피검 대상(5)의 선택이 수속되고, 이것이 탐색해가 된다.

- [0071] 이 케이스에서는 예를 들면 주식 등의 투자 대상을 피검 대상(5)에 적용시켜 생각할 수도 있다. 주가는 상승, 하강이 다른 주가와 상관성을 가지는 경우가 많다. 또, 출력 지시부(4)에 의해 출력 지시된 경우는 주식을 산 경우(또는 공매한 경우)라고 생각할 수도 있지만, 만일 해 탐색 시스템(1a) 뿐만아니라 해 탐색 시스템(1b)이 주식을 동일하게 구입한 경우에는 이것에 따라 주가가 상승한다. 이것은 상기 서술한 출력 지시에 따라서 피검 대상(5)의 확률분포가 변화하는 것과 마찬가지로이다.
- [0072] 또한 이 케이스에서는 해 탐색 시스템(1a), 해 탐색 시스템(1b)간이 서로 연관되어 있어도 된다. 즉, 해 탐색 시스템(1a)이 특정의 피검 대상(5a)을 선택한 경우, 해 탐색 시스템(1b)은 피검 대상(5c)을 선택하도록 서로 연관되도록 설정되어 있어도 된다. 이것에 의해, 예를 들면 주식 등의 투자 대상을 피검 대상(5)에 적용시키는 경우에 있어서, 하나의 해 탐색 시스템(1a)이 다른 해 탐색 시스템(1b)과의 사이에서 서로 연관되어 의사결정을 행하는 경우가 많은 경우(예를 들면, A씨가 T사의 주식을 산 경우에, B씨는 T사와 업무상의 관련성이 높은 U사의 주식을 사는 경우)에 있어서, 그 탐색 정밀도를 향상시키는 것이 가능하게 된다. 또한, 이 해 탐색 시스템(1a)에 의한 출력 지시, 해 탐색 시스템(1b)의 출력 지시의 상관성은 어떠한 것이어도 된다.
- [0073] 또 해 탐색 시스템(1a), 해 탐색 시스템(1b)간의 연관은 서로의 제어부(3)끼리가 직접적으로 상호작용하는 것이어도 된다. 이러한 경우에는, 상기 서술한 해 탐색 시스템(1a)에 있어서 계량변수를 정함에 있어서의 연산식을 다른 해 탐색 시스템(1b)측에도 직접 도입함으로써 상관성을 갖게 하도록 해도 된다.
- [0074] 또한, 상기 서술한 실시형태에서는, 2개의 해 탐색 시스템(1a), 해 탐색 시스템(1b)을 사용하는 경우를 예로 들어 설명을 했지만, 이것에 한정되는 것은 아니며 2 이상이면 어떠한 수로 구성되어 있어도 된다.
- [0075] (실시예 1)
- [0076] 도 3은 본 발명을 적용한 해 탐색 시스템(1)을 컴퓨터 프로그램으로 실현한 경우에 있어서의 실시예를 나타내고 있다. 컴퓨터 프로그램으로 실현하기 위해서, 전적 우열 비교부(2)는 이것과 마찬가지로의 처리를 실행하는 전적 우열 비교 스텝으로, 제어부(3)는 이것과 마찬가지로의 처리를 실행하는 제어 스텝으로, 출력 지시부(4)는 이것과 마찬가지로의 처리를 실행하는 출력 지시 스텝으로서 구현화한 프로그램을 작성했다.
- [0077] 피검 대상(5)은 미리 설정된 확률하에서 당선될지 낙선될지가 정해지는 장치이며, 예를 들면 슬롯머신 등을 상정하고 있다. 이 피검 대상(5-1)의 당선 확률=0.35, 피검 대상(5-2)의 당선 확률=0.45, 피검 대상(5-3)의 당선 확률=0.55, 피검 대상(5-4)의 당선 확률=0.65로 되어 있다. 또 5-0은 x_0^t 이다.
- [0078] 이 중, 당선 확률이 높은 2개의 피검 대상(5)의 조합(즉, 피검 대상(5-3, 5-4)을 탐색 해로서 구하는 것을 행한다.
- [0079] 도 3의 횡축 t는 피드백 횟수이다. 또, 전적지수 q_i 는 (1)식에 기초하여 피검 대상(5)마다 구하고 있다. 우열 S_i 는 (2)식에 기초하여 피검 대상(5)마다 구하고 있다. a_i 는 표 2로부터 도출되는 -1, 0, 1의 어느 하나의 수치이다.
- [0080] 또 v_i 는 a_i 에 기초하여 계량변수를 증가시키는 방향으로 추진시킬지 또는 감소시키는 방향으로 추진시킬지를 정하는 파라미터이다. 만일 a_i 가 계량변수를 증감시킬 때의 가속도라고 하면, 이 v_i 는 계량변수의 증감 속도이다. a_i 는 v_i 의 1회 미분으로 나타낼 수 있다. 또한, 계량변수 x_i 는 실제로 계량변수의 증감 속도 v_i 에 기초하여 증감된 실제의 파라미터값이다. 여기서 역치는 0으로 하고 있다.
- [0081] 이러한 프로그램에 의한 결과로부터 피드백 횟수가 증가함에 따라 계량변수 x_i 는 거의 피검 대상(5-3, 5-4)만이 커져서 그대로 출력 지시부(4)에 의해 출력 지시가 행해지는 것이 반복되는 것을 알 수 있다.
- [0082] 이와 같이 본 발명을 적용한 컴퓨터 프로그램에 의해, 조합 밴디트 문제를 자동적으로 구할 수 있는 것을 검증할 수 있었다.
- [0083] 도 4는 다른 실시예인데, 각각 피검 대상(5)의 당선 확률이 0.2, 0.5, 0.8의 3개의 샘플에 대해서, 본 발명을 적용한 컴퓨터 프로그램에 의해 보다 당선 확률이 높은 조합을 선택하는 시뮬레이션을 행한 결과이다. 실선이 본 발명에 상당한다. 비교예 1은 소프트웨어 알고리즘을 조합 보수 최대화 문제로 확장한 것이다. 또 비교예 2는 입실론그리디 알고리즘을 조합 보수 최대화 문제로 확장한 것이다. 그 결과, 본 발명을 적용한 컴퓨터 프로그램은 피드백 횟수가 증가함에 따라서, 다른 비교예보다 정답률이 높아지는 것을 알 수 있다.

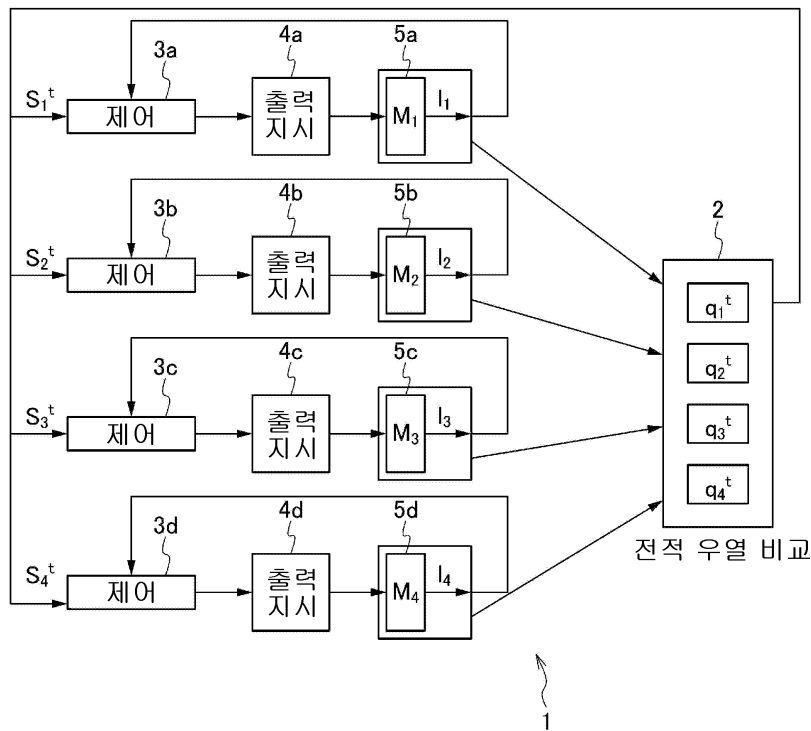
부호의 설명

[0084]

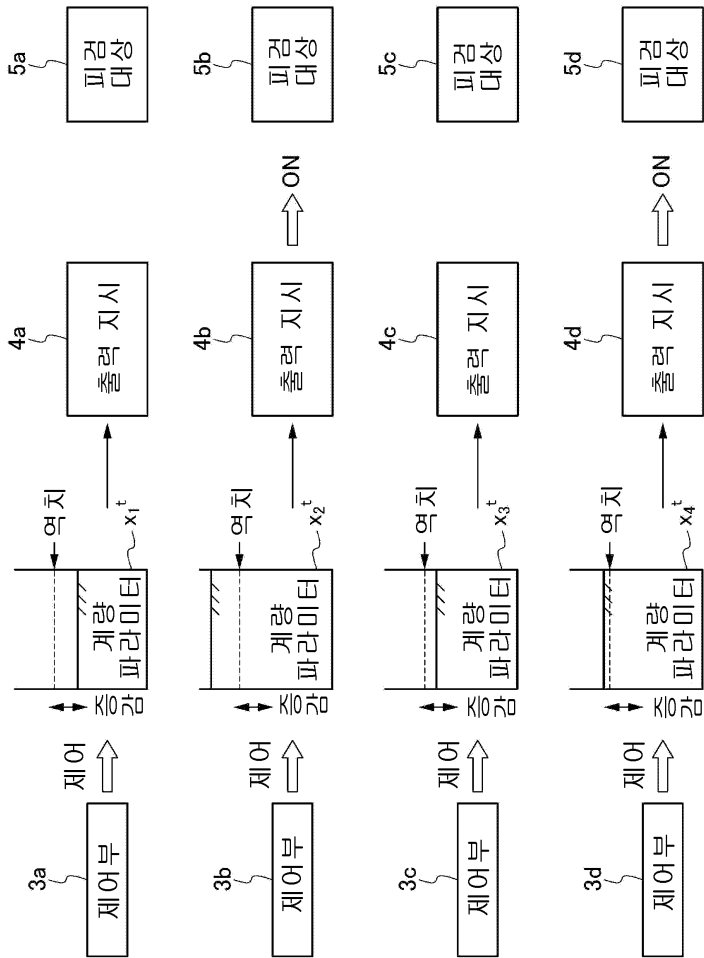
- 1...해 탐색 시스템
- 2...전적 우열 비교부
- 3...제어부
- 4...출력 지시부
- 5...피검 대상

도면

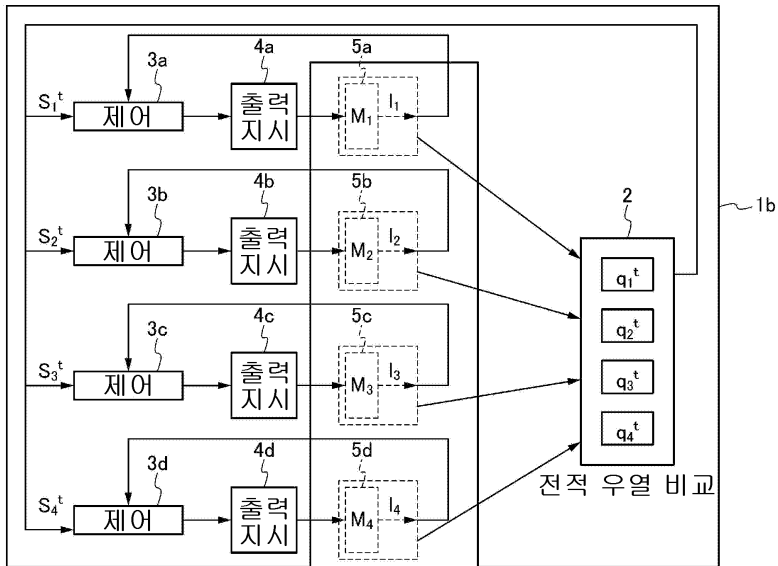
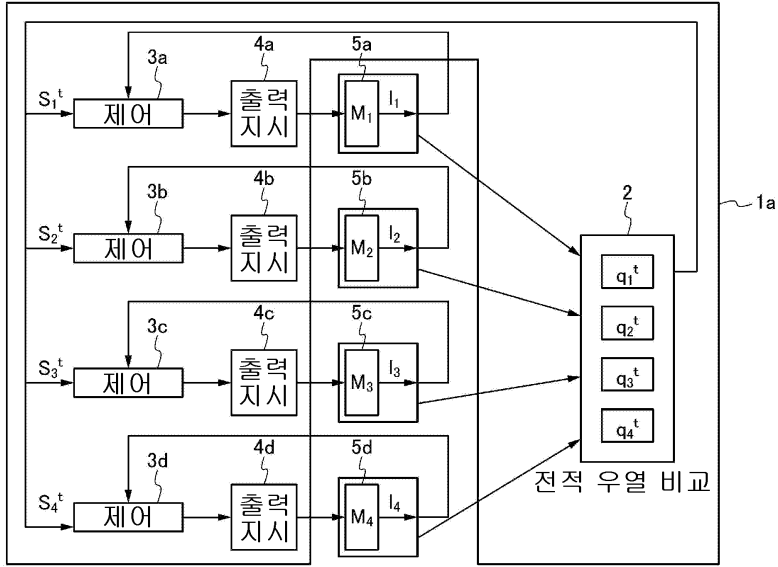
도면1



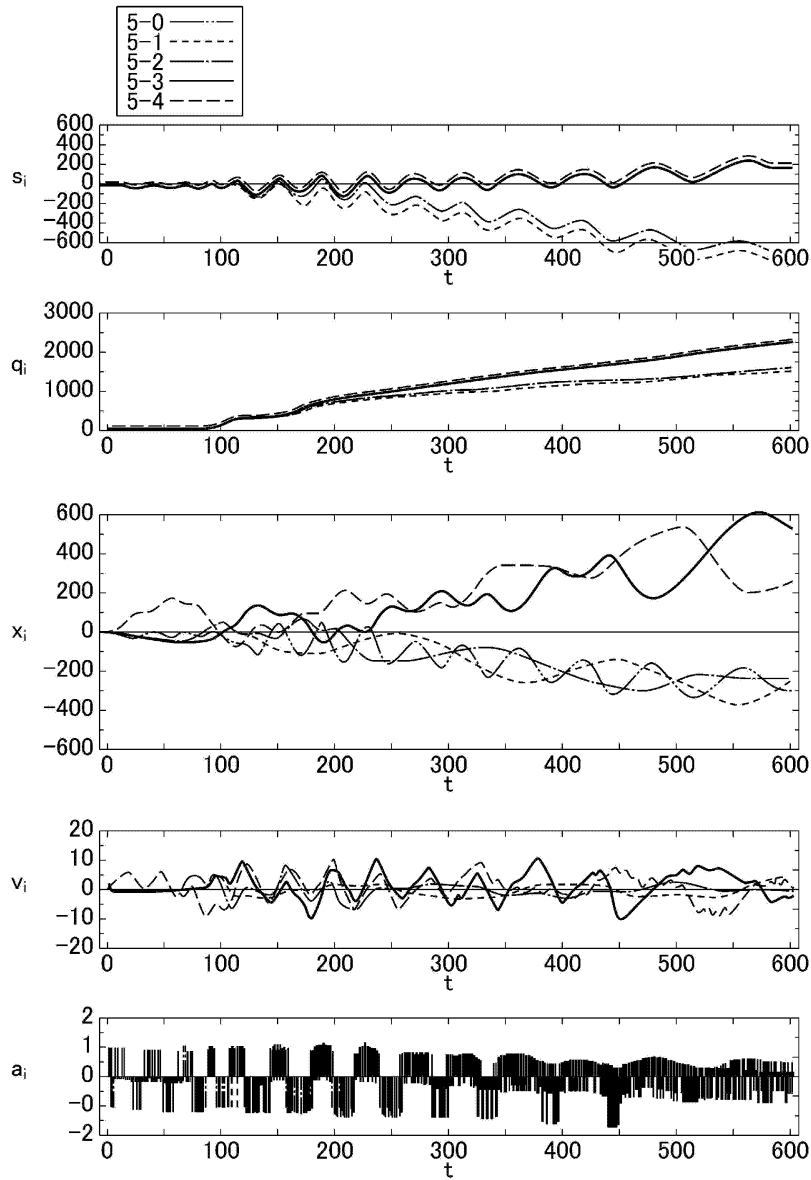
도면2



도면3



도면4



도면5

