(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년12월20일
(11) 등록번호 10-2340895
(24) 등록일자 2021년12월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04L 29/08 (2006.01) *H04L 17/10* (2006.01)
(52) CPC특허분류
H04L 67/32 (2013.01)
H04L 17/10 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0109620
(22) 출원일자 2020년08월28일
심사청구일자 2020년08월28일
(56) 선행기술조사문헌
KR101700108 B1
JP6594540 B2
KR1020190140082 A

(73) 특허권자
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
중앙대학교 산학협력단
서울특별시 동작구 흑석로 84 (흑석동)
(72) 발명자
김중헌
서울특별시 동작구 상도로 346-2, 212동201호(상도동, 상도엠코타운 애스톤파크)
최재호
경기도 광명시 금당로 13.710동 1410호(하안동, 하안7단지고층주공아파트)
오승혁
경기도 부천시 장말로 150, 1611동 302호
(74) 대리인
윤귀상

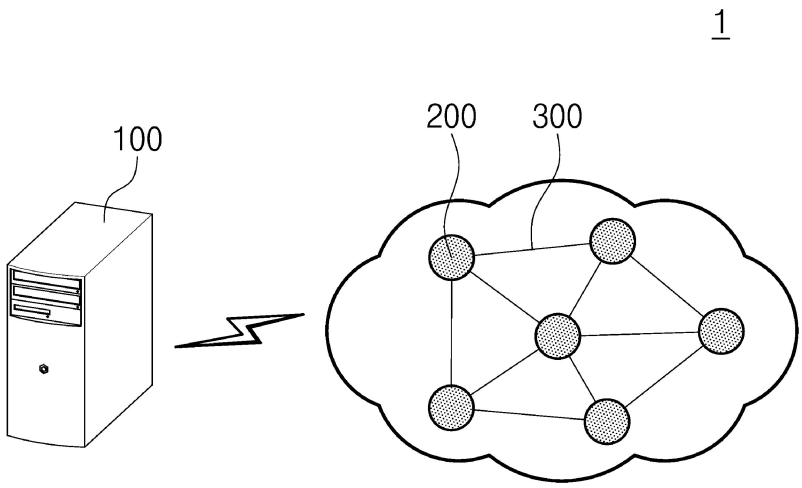
전체 청구항 수 : 총 10 항 심사관 : 최상호

(54) 발명의 명칭 **양자 근사법을 이용한 네트워크 스케줄링 장치 및 방법**

(57) 요 약

네트워크에 마련된 복수개의 노드에 대한 링크의 연결 상태를 나타내는 인접 행렬로부터 노드의 스케줄 상태를 설정하고, 상태 매개 변수에 기초하여, 하나 이상의 노드를 선택하고, 선택된 노드의 가중치 합을 예상하여 기대값을 산출하며, 기대 값이 가장 큰 경우에 선택된 하나 이상의 노드를 추출하여 링크 세트를 생성하는, 양자 근사법을 이용한 네트워크 스케줄링 장치를 제공한다.

대 표 도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711102837
과제번호	2017-0-01637-004
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	정보통신방송혁신인재양성(R&D)
연구과제명	5G와 무인이동체(자율주행차, 드론 등) 산업 융합을 위한 핵심 인력양성
기 여 율	1/1
과제수행기관명	한양대학교산학협력단
연구기간	2020.01.01 ~ 2020.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

네트워크에 마련된 복수개의 노드 및 상기 복수개의 노드를 연결하도록 마련되는 링크에 대해 네트워크 스케줄링을 수행하는 네트워크 스케줄링 장치에 있어서,

네트워크에 마련된 복수개의 노드에 대한 링크의 연결 상태를 나타내는 인접 행렬을 생성하고, 상기 인접 행렬로부터 나타나는 상기 노드의 스케줄 상태를 설정하는 생성부;

상기 인접 행렬로부터 나타나는 상기 노드에 대한 최대 가중치 합을 산출하도록 마련되는 상태 매개 변수에 기초하여, 상기 인접 행렬로부터 나타나는 하나 이상의 노드를 선택하고, 선택된 노드의 가중치 합을 예상하여 기대 값을 산출하는 연산부;

상기 기대 값이 가장 큰 경우에 선택된 노드를 추출하여 링크 세트를 생성하는 추출부; 및

생성된 링크 세트에 마련되는 하나 이상의 노드를 이용하여 통신을 수행하도록 제어하는 제어부를 포함하는, 양자 근사법을 이용한 네트워크 스케줄링 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 연산부는,

상기 인접 행렬로부터 나타나는 복수개의 노드의 가중치 합을 나타내도록 마련되는 문제 함수와 상기 인접 행렬로부터 나타나는 복수개의 노드의 스케줄 상태에 대한 서로 다른 경우의 수를 나타내도록 마련되는 혼합 함수를 이용하여 상기 기대 값을 산출하는, 양자 근사법을 이용한 네트워크 스케줄링 장치.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 연산부는,

네트워크에 마련된 복수개의 노드의 가중치 합을 나타내도록 마련되는 목적 함수와 하나의 링크에 연결된 복수개의 노드가 동시에 스케줄되는 경우를 나타내도록 마련되는 제약 함수를 이용하여 상기 문제 함수를 산출하는, 양자 근사법을 이용한 네트워크 스케줄링 장치.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 연산부는,

상기 최대 가중치 합에 대한 기대 값이 산출되는 횟수에 따라 상기 목적 함수, 상기 제약 함수, 상기 문제 함수 및 상기 혼합 함수로부터 목적 연산자, 제약 연산자, 문제 연산자 및 혼합 연산자를 산출하는, 양자 근사법을 이용한 네트워크 스케줄링 장치.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 연산부는,

상기 목적 연산자, 상기 제약 연산자, 상기 문제 연산자 및 상기 혼합 연산자로부터 상기 상태 매개 변수를 산출하고,

상기 상태 매개 변수를 미분하여 산출되는 기울기 값이 가장 작은 지점에서, 상기 상태 매개 변수에 대한 최적

상태 매개 변수를 추출하는, 양자 근사법을 이용한 네트워크 스케줄링 장치.

청구항 6

네트워크에 마련된 복수개의 노드 및 상기 복수개의 노드를 연결하도록 마련되는 링크에 대해 네트워크 스케줄링을 수행하는 네트워크 스케줄링 장치에서의 네트워크 스케줄링 방법에 있어서,

네트워크에 마련된 복수개의 노드에 대한 링크의 연결 상태를 나타내는 인접 행렬을 생성하고, 상기 인접 행렬로부터 나타나는 상기 노드의 스케줄 상태를 설정하는 단계;

상기 인접 행렬로부터 나타나는 상기 노드에 대한 최대 가중치 합을 산출하도록 마련되는 상태 매개 변수에 기초하여, 상기 인접 행렬로부터 나타나는 하나 이상의 노드를 선택하고, 선택된 노드의 가중치 합을 예상하여 기대 값을 산출하는 단계;

상기 기대 값이 가장 큰 경우에 선택된 노드를 추출하여 링크 세트를 생성하는 단계; 및

생성된 링크 세트에 마련되는 하나 이상의 노드를 이용하여 통신을 수행하도록 제어하는 단계를 포함하는, 네트워크 스케줄링 방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 기대 값을 산출하는 단계는,

상기 인접 행렬로부터 나타나는 복수개의 노드의 가중치 합을 나타내도록 마련되는 문제 함수와 상기 인접 행렬로부터 나타나는 복수개의 노드의 스케줄 상태에 대한 서로 다른 경우의 수를 나타내도록 마련되는 혼합 함수를 이용하여 상기 기대 값을 산출하는, 네트워크 스케줄링 방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 기대 값을 산출하는 단계는,

네트워크에 마련된 복수개의 노드의 가중치 합을 나타내도록 마련되는 목적 함수와 하나의 링크에 연결된 복수개의 노드가 동시에 스케줄되는 경우를 나타내도록 마련되는 제약 함수를 이용하여 상기 문제 함수를 산출하는, 네트워크 스케줄링 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 기대 값을 산출하는 단계는,

상기 최대 가중치 합에 대한 기대 값이 산출되는 횟수에 따라 상기 목적 함수, 상기 제약 함수, 상기 문제 함수 및 상기 혼합 함수로부터 목적 연산자, 제약 연산자, 문제 연산자 및 혼합 연산자를 산출하는, 네트워크 스케줄링 방법.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 기대 값을 산출하는 단계는,

상기 목적 연산자, 상기 제약 연산자, 상기 문제 연산자 및 상기 혼합 연산자로부터 상태 매개 변수를 산출하고,

상기 상태 매개 변수를 미분하여 산출되는 기울기 값이 가장 작은 지점에서, 상기 상태 매개 변수에 대한 최적 상태 매개 변수를 추출하는, 네트워크 스케줄링 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 양자 근사법을 이용한 네트워크 스케줄링 장치 및 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 네트워크에 마련되는 노드와 링크에 대한 스케줄링을 수행하는 네트워크 스케줄링 장치 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] NISQ(Noisy Intermediate-Scale Quantum) 레벨의 양자 컴퓨팅 분야에서는 다양한 하이브리드 양자-고전적 알고리즘이 등장하고 있다. 특히 VQE(Variational Quantum Eigensolver)나 QAOA(Quantum Approximate Optimization Algorithm)와 같은 알고리즘에 대한 응용 기술이 주목받고 있다.

[0003] 이와 관련하여, QAOA는 양자정보이론, 강화학습, 통신 등의 다양한 분야에서 이용되며, 이를 통해 QAOA는 근 시일내에 이용될 수 있는 다양한 양자 컴퓨팅 기술의 기반이 되고 있다.

[0004] 한편, 종래의 네트워크 시스템의 스케줄링 문제는 높은 시간복잡도의 문제로 인해, 고전적인 컴퓨팅 시스템의 heuristic한 방식으로 근사 솔루션을 얻어내는 방법으로 접근되고 있다. 이는, 임의의 노드로부터 가장 인접한 다른 노드를 발견하는 과정을 반복하여, 목적 노드까지의 경로를 산출하는 방식으로 이용되며, 이와 같은 방식으로 산출되는 경로는 단순히 가장 빠를 것으로 예상되는 경로일 뿐이며, 최적화된 경로는 아닌 단점이 존재한다.

[0005] 이에 따라, 네트워크 시스템에서의 최적화된 스케줄링을 수행할 수 있는 방안이 요구되는 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는 양자 레벨에서의 최적화 알고리즘을 통해 네트워크 시스템에 최적화된 링크 세트를 산출하는 네트워크 스케줄링 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 일측면은, 네트워크에 마련된 복수개의 노드 및 상기 복수개의 노드를 연결하도록 마련되는 링크에 대해 네트워크 스케줄링을 수행하는 네트워크 스케줄링 장치에 있어서, 네트워크에 마련된 복수개의 노드에 대한 링크의 연결 상태를 나타내는 인접 행렬을 생성하고, 상기 인접 행렬로부터 나타나는 상기 노드의 스케줄 상태를 설정하는 생성부; 상기 인접 행렬로부터 나타나는 상기 노드에 대한 최대 가중치 합을 산출하도록 마련되는 상태 매개 변수에 기초하여, 상기 인접 행렬로부터 나타나는 하나 이상의 노드를 선택하고, 선택된 노드의 가중치 합을 예상하여 기대 값을 산출하는 연산부; 상기 기대 값이 가장 큰 경우에 선택된 하나 이상의 노드를 추출하여 링크 세트를 생성하는 추출부; 및 생성된 링크 세트에 마련되는 하나 이상의 노드를 이용하여 통신을 수행하도록 제어하는 제어부를 포함할 수 있다.

[0008] 또한, 상기 연산부는, 상기 인접 행렬로부터 나타나는 복수개의 노드의 가중치 합을 나타내도록 마련되는 문제 함수와 상기 인접 행렬로부터 나타나는 복수개의 노드의 스케줄 상태에 대한 서로 다른 경우의 수를 나타내도록 마련되는 혼합 함수를 이용하여 상기 기대 값을 산출할 수 있다.

[0009] 또한, 상기 연산부는, 네트워크에 마련된 복수개의 노드의 가중치 합을 나타내도록 마련되는 목적 함수와 하나의 링크에 연결된 복수개의 노드가 동시에 스케줄되는 경우를 나타내도록 마련되는 제약 함수를 이용하여 상기 문제 함수를 산출할 수 있다.

[0010] 또한, 상기 연산부는, 상기 최대 가중치 합에 대한 기대 값이 산출되는 횟수에 따라 상기 목적 함수, 상기 제약 함수, 상기 문제 함수 및 상기 혼합 함수로부터 목적 연산자, 제약 연산자, 문제 연산자 및 혼합 연산자를 산출할 수 있다.

[0011] 또한, 상기 연산부는, 상기 목적 연산자, 상기 제약 연산자, 상기 문제 연산자 및 상기 혼합 연산자로부터 상기 상태 매개 변수를 산출하고, 상기 상태 매개 변수를 미분하여 산출되는 기울기 값이 가장 작은 지점에서, 상기 상태 매개 변수에 대한 최적 상태 매개 변수를 추출할 수 있다.

[0012] 본 발명의 다른 일측면은, 네트워크에 마련된 복수개의 노드 및 상기 복수개의 노드를 연결하도록 마련되는 링크에 대해 네트워크 스케줄링을 수행하는 네트워크 스케줄링 방법에 있어서, 네트워크에 마련된 복수개의 노드에 대한 링크의 연결 상태를 나타내는 인접 행렬을 생성하고, 상기 인접 행렬로부터 나타나는 상기 노드의 스케줄 상태를 설정하는 단계; 상기 인접 행렬로부터 나타나는 상기 노드에 대한 최대 가중치 합을 산출하도록 마련되는 상태 매개 변수에 기초하여, 상기 인접 행렬로부터 나타나는 하나 이상의 노드를 선택하고, 선택된 노드의 가중치 합을 예상하여 기대 값을 산출하는 단계; 상기 기대 값이 가장 큰 경우에 선택된 하나 이상의 노드를 추출하여 링크 세트를 생성하는 단계; 및 생성된 링크 세트에 마련되는 하나 이상의 노드를 이용하여 통신을 수행하도록 제어하는 단계를 포함할 수 있다.

[0013] 또한, 상기 기대 값을 산출하는 단계는, 상기 인접 행렬로부터 나타나는 복수개의 노드의 가중치 합을 나타내도록 마련되는 문제 함수와 상기 인접 행렬로부터 나타나는 복수개의 노드의 스케줄 상태에 대한 서로 다른 경우의 수를 나타내도록 마련되는 혼합 함수를 이용하여 상기 기대 값을 산출할 수 있다.

[0014] 또한, 상기 기대 값을 산출하는 단계는, 네트워크에 마련된 복수개의 노드의 가중치 합을 나타내도록 마련되는 목적 함수와 하나의 링크에 연결된 복수개의 노드가 동시에 스케줄되는 경우를 나타내도록 마련되는 제약 함수를 이용하여 상기 문제 함수를 산출할 수 있다.

[0015] 또한, 상기 기대 값을 산출하는 단계는, 상기 최대 가중치 합에 대한 기대 값이 산출되는 횟수에 따라 상기 목적 함수, 상기 제약 함수, 상기 문제 함수 및 상기 혼합 함수로부터 목적 연산자, 제약 연산자, 문제 연산자 및 혼합 연산자를 산출할 수 있다.

[0016] 또한, 상기 기대 값을 산출하는 단계는, 상기 목적 연산자, 상기 제약 연산자, 상기 문제 연산자 및 상기 혼합 연산자로부터 상태 매개 변수를 산출하고, 상기 상태 매개 변수를 미분하여 산출되는 기울기 값이 가장 작은 지점에서, 상기 상태 매개 변수에 대한 최적 상태 매개 변수를 추출할 수 있다.

발명의 효과

[0017] 상술한 본 발명의 일측면에 따르면, 양자 근사법을 이용한 네트워크 스케줄링 장치 및 방법을 제공함으로써, 양자 레벨에서의 최적화 알고리즘을 통해 네트워크 시스템에 최적화된 링크 세트를 산출할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도1은 본 발명의 일 실시예에 따른 네트워크 스케줄링 장치를 포함하는 네트워크 시스템의 개략도이다.

도2는 본 발명의 일 실시예에 따른 네트워크 스케줄링 장치의 제어블록도이다.

도3은 도2의 추출부에서 링크 세트를 생성하는 과정을 나타낸 블록도이다.

도4는 도2의 제어부에서 통신을 수행하도록 제어하는 과정을 나타낸 블록도이다.

도5는 본 발명의 일 실시예에 따른 네트워크 스케줄링 방법의 순서도이다.

도6은 도5의 기대 값을 산출하는 단계의 세부 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 후술하는 본 발명에 대한 상세한 설명은, 본 발명이 실시될 수 있는 특정 실시예를 예시로서 도시하는 첨부 도면을 참조한다. 이들 실시예는 당업자가 본 발명을 실시할 수 있기에 충분하도록 상세히 설명된다. 본 발명의 다양한 실시예는 서로 다르지만 상호 배타적일 필요는 없음이 이해되어야 한다. 예를 들어, 여기에 기재되어 있는 특정 형상, 구조 및 특성은 일 실시예와 관련하여 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 다른 실시예로 구현될 수 있다. 또한, 각각의 개시된 실시예 내의 개별 구성요소의 위치 또는 배치는 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 변경될 수 있음이 이해되어야 한다. 따라서, 후술하는 상세한 설명은 한정적인 의미로서 취하려는 것이 아니며, 본 발명의 범위는, 적절하게 설명된다면, 그 청구항들이 주장하는 것과 균등한 모든 범위와 더불어 첨부된 청구항에 의해서만 한정된다. 도면에서 유사한 참조부호는 여러 측면에 걸쳐서 동일하거나 유사한 기능을 지칭한다.

[0020] 이하, 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 보다 상세하게 설명하기로 한다.

[0021] 도1은 본 발명의 일 실시예에 따른 네트워크 스케줄링 장치를 포함하는 네트워크 시스템의 개략도이다.

[0022] 네트워크 시스템(1)은 유선 또는 무선 네트워크를 의미할 수 있으며, 이에 따라, 네트워크 시스템(1)은 노드(200), 링크(300) 및 네트워크 스케줄링 장치(100)를 포함할 수 있다.

[0023] 노드(200)는 네트워크 시스템(1)에 의한 네트워크에 무선 또는 유선으로 연결되는 정보처리기기 등을 의미할 수 있으며, 이에 따라, 노드(200)는 네트워크를 통해 다른 노드(200)로부터 전달되는 데이터를 수신할 수 있으며, 노드(200)는 전달받은 데이터를 처리할 수 있다. 또한, 노드(200)는 네트워크를 통해 다른 노드(200)에 데이터를 송신할 수도 있다.

[0024] 이와 관련하여, 노드(200)는 노드(200)에서 임의의 데이터를 전달받거나, 또는 데이터를 전달하기 위해 스케줄될 수 있으며, 여기에서, 노드(200)가 스케줄되는 것은 노드(200)가 네트워크를 통해 다른 노드(200)와 통신을 수행하는 것을 의미할 수 있다.

[0025] 한편, 노드(200)는 네트워크 시스템(1)의 정점으로 나타낼 수도 있다.

[0026] 링크(300)는 노드(200)와 다른 노드(200)를 연결할 수 있으며, 이때, 링크(300)는 임의의 노드(200)와 링크(300)를 통해 연결된 다른 노드(200)가 데이터를 주고받을 수 있는 것을 의미할 수 있다.

[0027] 여기에서, 링크(300)는 네트워크 시스템(1)의 에지(Edge)를 의미할 수도 있다.

[0028] 이와 관련하여, 네트워크 시스템(1)은 복수개의 노드(200)가 메쉬 형상으로 연결되는 메쉬 네트워크(Mesh Network)인 것으로 이해할 수 있다. 이러한 경우에, 노드(200)는 메쉬 형상으로 나열되어, 하나 이상의 링크(300)를 통해, 하나 이상의 노드(200)에 연결될 수 있다.

[0029] 또한, 네트워크 시스템(1)은 하나의 중앙 서버에서 노드(200) 간의 데이터 전송 순서를 제어하는 중앙 집중형 네트워크(Centralized Network)인 것으로 이해할 수 있다. 이러한 경우에, 각 노드(200)는 중앙 서버에서 설정되는 순서에 따라 통신을 수행할 수 있다.

[0030] 한편, 네트워크 시스템(1)은 네트워크 스케줄링 장치(100)에 의해 노드(200)에서 통신을 수행하는 순서가 결정될 수 있다. 여기에서, 통신을 수행하는 순서는 네트워크 스케줄링 장치(100)에 의해 하나 이상의 노드가 선택되어 생성되는 링크 세트에 따라 통신을 수행하는 것일 수 있으며, 이때, 네트워크 시스템(1)은 네트워크 스케줄링 장치(100)에서 복수개의 링크 세트가 생성되는 경우에, 서로 다른 링크 세트가 교대로 선택되어 통신이 수행될 수 있다.

[0031] 이때, 네트워크 스케줄링 장치(100)는 하나 이상의 노드를 선택하여 링크 세트를 생성하는 것으로 네트워크를 스케줄링할 수 있으며, 네트워크 스케줄링 장치(100)는 복수개의 링크 세트가 생성되는 경우에, 서로 다른 링크 세트를 교대로 선택하는 것으로 네트워크를 스케줄링할 수 있다.

[0032] 여기에서, 네트워크를 스케줄링 하는 것은 노드(200)가 스케줄되는 상태로 설정되는 링크 세트를 생성하는 것일 수 있으며, 이에 따라, 네트워크 시스템(1)은 링크 세트에서 스케줄되는 상태로 설정된 노드(200)가 스케줄되도록 제어되어, 링크(300)의 간섭을 방지할 수 있다.

[0033] 이와 관련하여, 네트워크 스케줄링 장치(100)는 하나의 링크(300)에 연결된 복수개의 노드(200)가 동시에 스케줄되는 간섭 현상을 방지하도록 독립 관계를 나타내는 복수개의 노드(200)를 링크 세트로 생성할 수 있다.

[0034] 여기에서, 독립 관계는 인접한 복수개의 노드(200)에 의해 링크(300)가 간섭 받지 않는 복수개의 노드(200)의 관계를 의미할 수 있다.

[0035] 예를 들어, 독립 관계는 하나의 링크(300)에 두개의 노드(200)가 연결되는 경우에, 두개의 노드(200) 중 스케줄되지 않은 노드(200)가 적어도 하나가 존재하는 상태를 의미할 수 있다.

[0036] 이와 관련하여, 독립 관계는 하나의 링크(300)에 두개의 노드(200)가 연결되고, 두개의 노드(200)가 동시에 스케줄되는 경우에는 성립하지 않는 것으로 이해할 수 있다.

[0037] 이하에서, 네트워크 스케줄링 장치(100)가 링크 세트를 생성하는 과정에 대해 자세히 설명하도록 한다.

[0038] 네트워크 스케줄링 장치(100)는 네트워크에 마련된 복수개의 노드(200)에 대한 링크(300)의 연결 상태를 나타내는 인접 행렬을 생성할 수 있고, 네트워크 스케줄링 장치(100)는 인접 행렬로부터 나타나는 노드(200)의 스케줄 상태를 설정할 수 있다.

[0039] 여기에서, 인접 행렬은 네트워크에 마련된 복수개의 노드(200)에 대한 링크(300)의 연결 상태를 나타내도록 생

성될 수 있으며, 이때, 인접 행렬은 임의의 노드(200)가 링크(300)에 의해 다른 노드(200)와 연결되는지를 나타내도록 생성될 수 있다.

[0040] 예를 들어, 인접 행렬은 네트워크에 마련된 노드(200)의 개수와 행 또는 열의 개수가 동일한 정방 행렬로 생성될 수 있으며, 이에 따라, 인접 행렬은 임의의 노드(200)가 링크(300)에 의해 다른 노드(200)와 연결되는 경우에, 해당 노드(200)와 다른 노드(200)가 교차하는 위치가 1로 설정될 수 있으며, 인접 행렬은 임의의 노드(200)가 다른 노드(200)와 연결되지 않는 경우에, 해당 노드(200)와 다른 노드(200)가 교차하는 위치가 0으로 설정될 수 있다.

[0041] 네트워크 스케줄링 장치(100)는 아래의 수학식 1을 이용하여 인접 행렬을 생성할 수 있다.

수학식 1

[0042]
$$\mathcal{E}_{(i,j)} = \begin{cases} 1, & \text{if } l_i \text{ interferes with } l_j \text{ where} \\ & l_i \in \mathcal{L},\ l_j \in \mathcal{L},\ \text{and } i \neq j, \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases}$$

[0043] 여기에서, epsilon_(i,j)는 인접 행렬을 의미할 수 있으며, l_i 또는 l_j는 임의의 노드(200) 또는 임의의 노드(200)와 다른 노드(200)를 연결하는 링크(300)를 의미할 수 있고, L은 네트워크에 마련되는 링크(300)의 집합 또는 노드(200)의 집합을 의미할 수 있다.

[0044] 또한, 아래 첨자로 이용된 i 또는 j는 임의의 정수를 의미할 수 있다.

[0045] 이에 따라, 인접 행렬은 인접 행렬은 네트워크에 마련된 복수개의 노드(200)에 대한 링크(300)의 연결 상태를 나타내도록 생성될 수 있으며, 또는, 인접 행렬은 임의의 링크(300)가 다른 링크(300)에 의한 간섭 받는 경우에, 해당 링크(300)가 1로 설정될 수 있다.

[0046] 0은 임의의 링크(300)가 다른 링크(300)에 의해 간섭 받지 않는 것을 의미할 수 있다.

[0047] 한편, 스케줄 상태는 노드(200)가 스케줄되거나, 또는 노드(200)가 스케줄되지 않은 상태를 나타내도록 설정될 수 있다.

[0048] 예를 들어, 스케줄 상태는 노드(200)가 스케줄되는 경우에, 1로 설정될 수 있으며, 또한, 스케줄 상태는 노드(200)가 스케줄되지 않는 경우에, 0으로 설정될 수 있다.

[0049] 이와 관련하여, 네트워크 스케줄링 장치(100)는 임의의 노드(200)에 대한 가중치가 설정될 수 있다. 여기에서, 가중치는 네트워크에 마련된 노드(200)의 중요성에 따라 다른 값으로 설정될 수 있으며, 이때, 노드(200)의 중요성은 노드(200)에 연결된 다른 노드(200)의 개수, 노드(200)의 네트워크 연결 상태 등의 다양한 요소에 의해 설정될 수 있다.

[0050] 또한, 가중치는 노드(200)의 스케줄 상태에 따라 다른 값으로 설정될 수 있으며, 예를 들어, 가중치는 노드(200)가 스케줄된 상태인 경우에, 노드(200)가 스케줄되지 않은 상태의 가중치보다 크게 설정될 수 있다.

[0051] 네트워크 스케줄링 장치(100)는 인접 행렬로부터 나타나는 노드(200)에 대한 최대 가중치 합을 산출하도록 마련되는 상태 매개 변수에 기초하여, 인접 행렬로부터 나타나는 하나 이상의 노드(200)를 선택하고, 선택된 노드(200)의 가중치 합을 예상하여 기대 값을 산출할 수 있다.

[0052] 여기에서, 최대 가중치 합은 아래의 수학식 2에 따라 정의될 수 있다.

수학식 2

$$\max: \sum_{\forall l_k \in \mathcal{L}} w_k \mathcal{I}_k,$$
$$\text{s.t. } \mathcal{I}_i + \mathcal{I}_j + \mathcal{E}_{(i,j)} \leq 2, \forall l_i \in \mathcal{L}, \forall l_j \in \mathcal{L},$$
$$\mathcal{I}_i \in \{0,1\}, \forall l_i \in \mathcal{L},$$
$$\text{where } \mathcal{I}_i = \begin{cases} 1, & \text{if } l_i \text{ is scheduled where } l_i \in \mathcal{L}, \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases}$$

[0053]

[0054] 여기에서, w는 임의의 노드(200)에 대해 설정되는 가중치를 의미할 수 있고, I는 링크(300) 또는 노드(200)의 스케줄 상태를 나타내는 이진 변수를 의미할 수 있으며, l는 임의의 노드(200) 또는 임의의 노드(200)와 다른 노드(200)를 연결하는 링크(300)를 의미할 수 있다.

[0055] 또한, L은 네트워크에 마련되는 링크(300)의 집합 또는 노드(200)의 집합을 의미할 수 있고, 아래 첨자로 이용된 i, j 및 k는 임의의 정수를 의미할 수 있다.

[0056] 이에 따라, 최대 가중치 합은 네트워크에 마련된 각 노드(200)의 스케줄 상태와 해당 노드(200)에 설정된 가중치의 곱의 총합을 의미하는 것으로 이해할 수 있으며, 이때, 최대 가중치 합은 임의의 노드(200) 또는 링크(300)의 스케줄 상태, 다른 노드(200) 또는 링크(300)의 스케줄 상태 및 해당 위치에서의 인접 행렬의 요소 값의 합이 2보다 작거나 같은 조건을 나타내는 것을 확인할 수 있다.

[0057] 이를 위해, 네트워크 스케줄링 장치(100)는 인접 행렬로부터 나타나는 복수개의 노드(200)의 가중치 합을 나타내도록 마련되는 문제 함수와 인접 행렬로부터 나타나는 복수개의 노드(200)의 스케줄 상태에 대한 서로 다른 경우의 수를 나타내도록 마련되는 혼합 함수를 이용하여 기대 값을 산출할 수 있다.

[0058] 이때, 네트워크 스케줄링 장치(100)는 아래의 수학식 3을 이용하여 문제 함수를 산출할 수 있다.

수학식 3

[0059] $$H_P = H_O + \rho H_C$$

[0060] 여기에서, H_P는 문제 함수를 의미할 수 있고, H_O는 목적 함수를 의미할 수 있으며, H_C는 제약 함수를 의미할 수 있다. 또한, rho는 임의의 값으로 사전에 설정되는 제약 계수를 의미할 수 있으며, 이때, rho는 임의의 실수 값으로 설정될 수 있다.

[0061] 이에 따라, 문제 함수는 목적 함수와, 제약 계수와 제약 함수의 곱의 합으로 나타날 수 있으며, 여기에서, 문제 함수, 목적 함수 및 제약 함수는 동역학적 물리계 상태의 시간 변화율을 나타내는 헤밀턴 함수(Hamiltonian Function)인 것으로 이해할 수 있다.

[0062] 이와 관련하여, 네트워크 스케줄링 장치(100)는 네트워크에 마련된 복수개의 노드(200)의 가중치 합을 나타내도록 마련되는 목적 함수와 하나의 링크(300)에 연결된 복수개의 노드(200)가 동시에 스케줄되는 경우를 나타내도록 마련되는 제약 함수를 이용하여 문제 함수를 산출할 수 있다.

[0063] 여기에서, 네트워크 스케줄링 장치(100)는 아래의 수학식 4 내지 수학식 7을 이용하여 목적 함수를 산출할 수 있다.

수학식 4

[0064] $$B_1(x) = x \text{ where } x \in \{0, 1\}$$

[0065] 여기에서, B_1(x)는 x의 값이 0 또는 1인 경우에, 참을 나타내는 값을 출력하는 부울 함수를 의미할 수 있다.

[0066] 이에 따라, B_1(x)는 양자 푸리에 확장에 의해 아래의 수학식 5와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 5

[0067] $$H_{B_1} = \frac{1}{2}(I - Z)$$

[0068] 여기에서, H_B_1는 부울 함수인 B_1(x)를 양자 푸리에 확장하여 산출되는 수식을 의미할 수 있고, I는 왼쪽 상단으로부터 오른쪽 하단까지의 요소가 1이고, 나머지 요소는 0인 항등 행렬(Identity Matrix)을 의미할 수 있으며, Z는 볼프강 파울리(Wolfgang Ernst Pauli)에 의해 정리되어, 임의의 입자의 3차원 회전의 운동량을 나타내도록 마련된 파울리 행렬(Pauli Matrix)의 Z축 행렬을 의미할 수 있다.

[0069] 이를 통해, 목적 함수는 H_B_1과 같은 수식으로 나타낼 수 있으며, 이는, 수학식 6에서 확인할 수 있다.

수학식 6

[0070] $$H_{O'} = \sum_{\forall l_k \in \mathcal{L}} \frac{1}{2} w_k (I - Z_k)$$

[0071] 여기에서, H_O'은 목적 함수를 의미할 수 있고, l은 임의의 노드(200) 또는 임의의 노드(200)와 다른 노드(200)를 연결하는 링크(300)를 의미할 수 있으며, L은 네트워크에 마련되는 링크(300)의 집합 또는 노드(200)의 집합을 의미할 수 있다.

[0072] 또한, w는 임의의 노드(200)에 대해 설정되는 가중치를 의미할 수 있고, I는 왼쪽 상단으로부터 오른쪽 하단까지의 요소가 1이고, 나머지 요소는 0인 항등 행렬(Identity Matrix)을 의미할 수 있으며, Z는 볼프강 파울리(Wolfgang Ernst Pauli)에 의해 정리되어, 임의의 입자의 3차원 회전의 운동량을 나타내도록 마련된 파울리 행렬(Pauli Matrix)의 Z축 행렬을 의미할 수 있다.

[0073] 이때, 목적 함수는 최대 가중치 합을 산출할 수 있도록 최대 값으로 설정될 수 있으며, 이를 위해, 목적 함수는 파울리 행렬의 Z축 행렬이 최소 값으로 설정될 수 있다.

수학식 7

[0074] $$H_O = \sum_{\forall l_k \in \mathcal{L}} \frac{1}{2} w_k Z_k$$

[0075] 여기에서, H_O는 최소 값으로 설정되는 목적 함수를 의미할 수 있고, l은 임의의 노드(200) 또는 임의의 노드(200)와 다른 노드(200)를 연결하는 링크(300)를 의미할 수 있으며, L은 네트워크에 마련되는 링크(300)의 집합 또는 노드(200)의 집합을 의미할 수 있다.

[0076] 또한, 또한, w는 임의의 노드(200)에 대해 설정되는 가중치를 의미할 수 있고, Z는 볼프강 파울리(Wolfgang

Ernst Pauli)에 의해 정리되어, 임의의 입자의 3차원 회전의 운동량을 나타내도록 마련된 파울리 행렬(Pauli Matrix)의 Z축 행렬을 의미할 수 있다.

[0077] 또한, 네트워크 스케줄링 장치(100)는 아래의 수학식 8 내지 수학식 12를 이용하여 제약 함수를 산출할 수 있다.

수학식 8

$$C'(i,j) = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}(W_{N_i} + W_{N_j})|E_C(N_i, N_j)|$$

[0078]

[0079] 여기에서, N은 임의의 노드(200)를 의미할 수 있고, W는 임의의 노드(200)에 설정된 가중치를 의미할 수 있으며, E_C는 하나의 링크(300)에 두개의 노드(200)가 연결되고, 두개의 노드(200)가 동시에 스케줄되는 경우를 의미할 수 있다. 이때, |E_C|는 E_C의 개수를 의미할 수 있다.

[0080] 또한, C'는 제약 함수를 의미할 수 있고, n은 네트워크에 마련된 노드(200)의 개수를 의미할 수 있으며, i, j는 임의의 정수를 의미할 수 있다.

[0081] 이에 따라, 제약 함수는 수학식 2의 조건에 따라 아래의 수학식 9와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 9

$$\begin{aligned} C(i,j) &= \sum_{\forall l_i \in \mathcal{L}}\sum_{\forall l_j \in \mathcal{L}} \frac{1}{2}(w_i + w_j)\mathcal{E}_{(i,j)} \\ &= \sum_{\forall l_i \in \mathcal{L}}\sum_{\forall l_j \in \mathcal{L}} \frac{1}{2}(w_i + w_j)(\mathcal{I}_i \wedge \mathcal{I}_j) \end{aligned}$$

[0082]

[0083] 여기에서, C는 제약 함수를 의미할 수 있고, epsilon_(i,j)는 인접 행렬을 의미할 수 있으며, l는 임의의 노드(200) 또는 임의의 노드(200)와 다른 노드(200)를 연결하는 링크(300)를 의미할 수 있다.

[0084] 또한, w는 임의의 노드(200)에 대해 설정되는 가중치를 의미할 수 있고, I는 링크(300) 또는 노드(200)의 스케줄 상태를 나타내는 이진 변수를 의미할 수 있다.

[0085] 또한, L은 네트워크에 마련되는 링크(300)의 집합 또는 노드(200)의 집합을 의미할 수 있고, 아래 첨자로 이용된 i, j 및 k는 임의의 정수를 의미할 수 있다.

[0086] 이때, 상측을 향하는 화살표 형상의 연산자는 부울 연산자(Boolean Operator) AND를 의미할 수 있다.

[0087] 이는, 아래의 수학식 10과 같이, 부울 함수 B_2(x_1, x_2)를 이용하는 헤밀턴 함수 H_B_2로 나타낼 수 있다.

수학식 10

$$\begin{aligned} B_2(x_1, x_2) &= x_1 \wedge x_2 \text{ where} \\ &\quad x_1 \in \{0,1\} \text{ and } x_2 \in \{0,1\} \\ H_{B_2} &= \frac{1}{4}(I - Z_1 - Z_2 + Z_1 Z_2), \end{aligned}$$

[0088]

[0089] 여기에서, B_2(x_1, x_2)는 부울 함수를 의미할 수 있고, H_B_2는 수학식 9를 헤밀턴 함수로 나타낸 함수를 의미할 수 있으며, I는 왼쪽 상단으로부터 오른쪽 하단까지의 요소가 1이고, 나머지 요소는 0인 항등 행렬(Identity Matrix)을 의미할 수 있고, Z는 볼프강 파울리(Wolfgang Ernst Pauli)에 의해 정리되어, 임의의 입자의 3차원 회전의 운동량을 나타내도록 마련된 파울리 행렬(Pauli Matrix)의 Z축 행렬을 의미할 수 있다.

[0090] 이에 따라, 제약 함수는 아래의 수학식 11과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 11

$$H_{C'} = \sum_{\forall l_i \in \mathcal{L}} \sum_{\forall l_j \in \mathcal{L}} \frac{1}{8}(w_i + w_j)(I - Z_i - Z_j + Z_i Z_j)$$

[0091]

[0092] 여기에서, H_C'는 제약 함수를 의미할 수 있고, l은 임의의 노드(200) 또는 임의의 노드(200)와 다른 노드(200)를 연결하는 링크(300)를 의미할 수 있으며, L은 네트워크에 마련되는 링크(300)의 집합 또는 노드(200)의 집합을 의미할 수 있다.

[0093] 또한, w는 임의의 노드(200)에 대해 설정되는 가중치를 의미할 수 있고, I는 왼쪽 상단으로부터 오른쪽 하단까지의 요소가 1이고, 나머지 요소는 0인 항등 행렬(Identity Matrix)을 의미할 수 있으며, Z는 볼프강 파울리(Wolfgang Ernst Pauli)에 의해 정리되어, 임의의 입자의 3차원 회전의 운동량을 나타내도록 마련된 파울리 행렬(Pauli Matrix)의 Z축 행렬을 의미할 수 있다.

[0094] 이때, 제약 함수는 최대 가중치 합을 산출할 수 있도록 최소 값으로 설정될 수 있다.

수학식 12

$$H_C = \sum_{\forall l_i \in \mathcal{L}} \sum_{\forall l_j \in \mathcal{L}} -\frac{1}{8}(w_i + w_j)(Z_i + Z_j - Z_i Z_j)$$

[0095]

[0096] 여기에서, 여기에서, H_C는 최소 값으로 설정된 제약 함수를 의미할 수 있고, l은 임의의 노드(200) 또는 임의의 노드(200)와 다른 노드(200)를 연결하는 링크(300)를 의미할 수 있으며, L은 네트워크에 마련되는 링크(300)의 집합 또는 노드(200)의 집합을 의미할 수 있다.

[0097] 또한, w는 임의의 노드(200)에 대해 설정되는 가중치를 의미할 수 있고, I는 왼쪽 상단으로부터 오른쪽 하단까지의 요소가 1이고, 나머지 요소는 0인 항등 행렬(Identity Matrix)을 의미할 수 있으며, Z는 볼프강 파울리(Wolfgang Ernst Pauli)에 의해 정리되어, 임의의 입자의 3차원 회전의 운동량을 나타내도록 마련된 파울리 행렬(Pauli Matrix)의 Z축 행렬을 의미할 수 있다.

[0098] 한편, 네트워크 스케줄링 장치(100)는 아래의 수학식 13을 이용하여 혼합 함수를 산출할 수 있다.

수학식 13

$$H_M = \sum_{\forall l_k \in \mathcal{L}} X_k$$

[0099]

[0100] 여기에서, H_M은 혼합 함수를 의미할 수 있고, X는 볼프강 파울리(Wolfgang Ernst Pauli)에 의해 정리되어, 임의의 입자의 3차원 회전의 운동량을 나타내도록 마련된 파울리 행렬(Pauli Matrix)의 X축 행렬을 의미할 수 있

다.

[0101] 또한, l은 임의의 노드(200) 또는 임의의 노드(200)와 다른 노드(200)를 연결하는 링크(300)를 의미할 수 있으며, L은 네트워크에 마련되는 링크(300)의 집합 또는 노드(200)의 집합을 의미할 수 있다.

[0102] 이때, 네트워크 스케줄링 장치(100)는 산출된 목적 함수, 제약 함수, 문제 함수 및 혼합 함수의 연산자를 산출할 수 있으며, 네트워크 스케줄링 장치(100)는 아래의 수학식 14 및 15를 이용하여 목적 함수, 제약 함수, 문제 함수 및 혼합 함수의 매개 변수를 산출할 수 있다.

수학식 14

[0103]
$$U_O(\gamma_\zeta) = e^{-i\gamma_\zeta H_O},$$
$$U_C(\gamma_\zeta) = e^{-i\gamma_\zeta \rho H_C},$$
$$U_P(\gamma_\zeta) = U_O(\gamma_\zeta)U_C(\gamma_\zeta) = e^{-i\gamma_\zeta(H_O+\rho H_C)},$$
$$U_M(\beta_\zeta) = e^{-i\beta_\zeta H_M},$$

[0104] 여기에서, U_O는 목적 함수로부터 변환되는 목적 연산자를 의미할 수 있고, U_C는 제약 함수로부터 변환되는 제약 연산자를 의미할 수 있으며, U_P는 문제 함수로부터 변환되는 문제 연산자를 의미할 수 있고, U_M은 혼합 함수로부터 변환되는 혼합 연산자를 의미할 수 있다. 또한, H_O는 목적 함수를 의미할 수 있고, H_C는 제약 함수를 의미할 수 있으며, H_P는 문제 함수를 의미할 수 있고, H_M은 혼합 함수를 의미할 수 있다.

[0105] 또한, Gamma 또는 Beta는 각각 위상 매개 변수를 의미할 수 있으며, Zeta는 1보다 크거나 같고, 아래 첨자로 이용된 p보다는 작은 임의의 정수를 의미할 수 있고, 이때, 아래 첨자로 이용된 p는 양자 근사 최적화 알고리즘(QAOA: Quantum Approximate Optimization Algorithm)의 시퀀스가 반복된 횟수 또는 양자 회로의 깊이(Depth)를 의미할 수 있다.

[0106] 여기에서, p는 양의 정수로 나타날 수 있으며, p는 네트워크 스케줄링 장치(100)에서 최대 가중치 합에 대한 기대 값이 산출되는 횟수를 나타낼 수 있다.

[0107] 이와 같이, 네트워크 스케줄링 장치(100)는 최대 가중치 합에 대한 기대 값이 산출되는 횟수에 따라 목적 함수, 제약 함수, 문제 함수 및 혼합 함수로부터 목적 연산자, 제약 연산자, 문제 연산자 및 혼합 연산자를 산출할 수 있다.

[0108] 이에 따라, 네트워크 스케줄링 장치(100)는 아래의 수학식 15를 이용하여 목적 연산자, 제약 연산자, 문제 연산자 및 혼합 연산자로부터 상태 매개 변수를 산출할 수 있다.

수학식 15

[0109]
$$|\gamma,\beta\rangle \triangleq e^{-i\beta_p H_M} e^{-i\gamma_p H_P} \cdots e^{-i\beta_2 H_M} e^{-i\gamma_2 H_P} e^{-i\beta_1 H_M} e^{-i\gamma_1 H_P} |s\rangle$$

[0110] 여기에서, |Gamma, beta>는 상태 매개 변수를 의미할 수 있고, 이때, Gamma 또는 Beta는 각각 위상 매개 변수를 의미할 수 있고, 아래 첨자로 이용된 p보다는 작은 임의의 정수를 의미할 수 있고, 이때, 아래 첨자로 이용된 p는 양자 근사 최적화 알고리즘(QAOA: Quantum Approximate Optimization Algorithm)의 시퀀스가 반복된 횟수 또는 양자 회로의 깊이(Depth)를 의미할 수 있다.

[0111] 여기에서, p는 양의 정수로 나타날 수 있으며, p는 네트워크 스케줄링 장치(100)에서 최대 가중치 합에 대한 기대 값이 산출되는 횟수를 나타낼 수 있다.

[0112] 또한, H_O는 목적 함수를 의미할 수 있고, H_C는 제약 함수를 의미할 수 있으며, H_P는 문제 함수를 의미할 수 있고, H_M은 혼합 함수를 의미할 수 있다.

[0113] 한편, |> 또는 <|는 양자역학에서 양자 상태를 표현하도록 마련된 브라-켓 표기법(Bra-Ket Notation)을 의미할 수 있으며, 여기에서, 브라-켓 표기법은 수직선 |을 기준으로 오른꺽쇠괄호(>) 측에 열벡터를 나타내고, 왼꺽쇠괄호(<) 측에 행벡터를 나타내도록 이용된다.

[0114] 이에 따라, 네트워크 스케줄링 장치(100)는 목적 연산자, 제약 연산자, 문제 연산자 및 혼합 연산자로부터 상태 매개 변수를 산출할 수 있다.

[0115] 이때, 네트워크 스케줄링 장치(100)는 상태 매개 변수를 미분하여 산출되는 기울기 값이 가장 작은 지점에서, 상태 매개 변수에 대한 최적 상태 매개 변수를 추출할 수 있다.

[0116] 이는, 네트워크 스케줄링 장치(100)가 산출된 값으로부터 기울기를 산출하고, 산출된 기울기로부터 최적 값을 산출하도록 마련된 확률적 경사 하강법(SGD: Stochastic Gradient Descent)을 이용하여 상태 매개 변수로부터 최적 상태 매개 변수를 산출하는 것으로 이해할 수 있다.

[0117] 이에 따라, 네트워크 스케줄링 장치(100)는 아래의 수학식 16을 이용하여 기대 값을 산출할 수 있다.

수학식 16

[0118] $$\langle F \rangle = \langle \gamma_{opt}, \beta_{opt} | H_P | \gamma_{opt}, \beta_{opt} \rangle$$

[0119] 여기에서, F는 최대 가중치 합에 대한 기대 값을 의미할 수 있으며, Gamma_opt, Beta_opt는 최적 상태 매개 변수를 의미할 수 있고, H_P는 문제 함수를 의미할 수 있다.

[0120] 이에 따라, 네트워크 스케줄링 장치(100)는 최적 상태 매개 변수와 문제 함수를 이용하여 기대 값을 산출할 수 있다.

[0121] 이와 관련하여, 양자 근사 최적화 알고리즘의 시퀀스에서 초기 상태는 하다마드 게이트(Hadamard Gate)를 이용하여 목적 연산자, 제약 연산자, 문제 연산자 및 혼합 연산자를 동등한 중첩 상태로 설정될 수 있다.

[0122] 이에 따라, 네트워크 스케줄링 장치(100)는 최대 가중치 합에 대한 기대 값이 최초로 산출되는 경우에, 하다마드 게이트(Hadamard Gate)를 이용하여 목적 연산자, 제약 연산자, 문제 연산자 및 혼합 연산자를 동등한 중첩 상태로 설정하여 최대 가중치 합에 대한 기대 값을 산출할 수 있다.

[0123] 이때, 네트워크 스케줄링 장치(100)는 최대 가중치 합에 대한 기대 값을 산출하는 과정을 반복하여, 복수개의 기대 값을 산출할 수도 있으며, 이러한 경우에, 네트워크 스케줄링 장치(100)는 반복하여 산출된 복수개의 기대 값 중 산출된 빈도 수가 가장 높은 기대 값을 선택할 수도 있다.

[0124] 네트워크 스케줄링 장치(100)는 산출된 기대 값이 가장 큰 경우에 선택된 하나 이상의 노드(200)를 추출하여 링크 세트를 생성할 수 있다.

[0125] 이때, 네트워크 스케줄링 장치(100)는 네트워크에 마련된 복수개의 노드(200)가 링크 세트에 포함되도록 하나 이상의 링크 세트를 생성할 수도 있다.

[0126] 네트워크 스케줄링 장치(100)는 생성된 링크 세트에 마련되는 하나 이상의 노드(200)를 이용하여 통신을 수행하도록 제어할 수 있다.

[0127] 이때, 네트워크 스케줄링 장치(100)는 하나 이상의 링크 세트가 생성된 경우에, 서로 다른 링크 세트에 마련되는 복수개의 노드(200)가 번갈아서 스케줄된 상태로 설정되도록 제어할 수 있으며, 이는, 네트워크 스케줄링 장치(100)가 서로 다른 하나 이상의 링크 세트를 번갈아서 선택하고, 선택된 링크 세트에 마련된 복수개의 노드(200)를 이용하여 통신을 수행하도록 제어하는 것으로 이해할 수 있다.

[0129] 도2는 본 발명의 일 실시예에 따른 네트워크 스케줄링 장치의 제어블록도이다.

[0130] 네트워크 스케줄링 장치(100)는 생성부(110), 연산부(120), 추출부(130) 및 제어부(140)를 포함할 수 있다.

[0131] 생성부(110)는 네트워크에 마련된 복수개의 노드(200)에 대한 링크(300)의 연결 상태를 나타내는 인접 행렬을

생성할 수 있고, 생성부(110)는 인접 행렬로부터 나타나는 노드(200)의 스케줄 상태를 설정할 수 있다.

[0132] 연산부(120)는 인접 행렬로부터 나타나는 노드(200)에 대한 최대 가중치 합을 산출하도록 마련되는 상태 매개 변수에 기초하여, 인접 행렬로부터 나타나는 하나 이상의 노드(200)를 선택하고, 선택된 노드(200)의 가중치 합을 예상하여 기대 값을 산출할 수 있다.

[0133] 이를 위해, 연산부(120)는 인접 행렬로부터 나타나는 복수개의 노드(200)의 가중치 합을 나타내도록 마련되는 문제 함수와 인접 행렬로부터 나타나는 복수개의 노드(200)의 스케줄 상태에 대한 서로 다른 경우의 수를 나타내도록 마련되는 혼합 함수를 이용하여 기대 값을 산출할 수 있다.

[0134] 이와 관련하여, 연산부(120)는 네트워크에 마련된 복수개의 노드(200)의 가중치 합을 나타내도록 마련되는 목적 함수와 하나의 링크(300)에 연결된 복수개의 노드(200)가 동시에 스케줄되는 경우를 나타내도록 마련되는 제약 함수를 이용하여 문제 함수를 산출할 수 있다.

[0135] 이에 따라, 연산부(120)는 산출된 목적 함수, 제약 함수, 문제 함수 및 혼합 함수의 연산자를 산출할 수 있다.

[0136] 이때, 연산부(120)는 최대 가중치 합에 대한 기대 값이 산출되는 횟수에 따라 목적 함수, 제약 함수, 문제 함수 및 혼합 함수로부터 목적 연산자, 제약 연산자, 문제 연산자 및 혼합 연산자를 산출할 수 있다.

[0137] 연산부(120)는 목적 연산자, 제약 연산자, 문제 연산자 및 혼합 연산자로부터 상태 매개 변수를 산출할 수 있다.

[0138] 이때, 연산부(120)는 상태 매개 변수를 미분하여 산출되는 기울기 값이 가장 작은 지점에서, 상태 매개 변수에 대한 최적 상태 매개 변수를 추출할 수 있다.

[0139] 이에 따라, 연산부(120)는 최적 상태 매개 변수와 문제 함수를 이용하여 기대 값을 산출할 수 있다.

[0140] 여기에서, 연산부(120)는 최대 가중치 합에 대한 기대 값을 산출하는 과정을 반복하여, 복수개의 기대 값을 산출할 수도 있으며, 이러한 경우에, 연산부(120)는 반복하여 산출된 복수개의 기대 값 중 산출된 빈도 수가 가장 높은 기대 값을 선택할 수도 있다.

[0141] 추출부(130)는 산출된 기대 값이 가장 큰 경우에 선택된 하나 이상의 노드(200)를 추출하여 링크 세트를 생성할 수 있다.

[0142] 이때, 추출부(130)는 네트워크에 마련된 복수개의 노드(200)가 링크 세트에 포함되도록 하나 이상의 링크 세트를 생성할 수도 있다.

[0143] 제어부(140)는 생성된 링크 세트에 마련되는 하나 이상의 노드(200)를 이용하여 통신을 수행하도록 제어할 수 있다.

[0144] 이때, 제어부(140)는 하나 이상의 링크 세트가 생성된 경우에, 서로 다른 링크 세트에 마련되는 복수개의 노드(200)가 번갈아서 스케줄된 상태로 설정되도록 제어할 수 있으며, 이는, 제어부(140)가 서로 다른 하나 이상의 링크 세트를 번갈아서 선택하고, 선택된 링크 세트에 마련된 복수개의 노드(200)를 이용하여 통신을 수행하도록 제어하는 것으로 이해할 수 있다.

[0146] 도3은 도2의 추출부에서 링크 세트를 생성하는 과정을 나타낸 블록도이다.

[0147] 도3을 참조하면, 생성부(110)는 네트워크에 마련된 복수개의 노드(200)에 대한 링크(300)의 연결 상태를 나타내는 인접 행렬을 생성할 수 있고, 생성부(110)는 인접 행렬로부터 나타나는 노드(200)의 스케줄 상태를 설정할 수 있다.

[0148] 이에 따라, 연산부(120)는 인접 행렬로부터 나타나는 노드(200)에 대한 최대 가중치 합을 산출하도록 마련되는 상태 매개 변수에 기초하여, 인접 행렬로부터 나타나는 하나 이상의 노드(200)를 선택하고, 선택된 노드(200)의 가중치 합을 예상하여 기대 값을 산출할 수 있다.

[0149] 이를 위해, 연산부(120)는 인접 행렬로부터 나타나는 복수개의 노드(200)의 가중치 합을 나타내도록 마련되는 문제 함수와 인접 행렬로부터 나타나는 복수개의 노드(200)의 스케줄 상태에 대한 서로 다른 경우의 수를 나타내도록 마련되는 혼합 함수를 이용하여 기대 값을 산출할 수 있다.

[0150] 이와 관련하여, 연산부(120)는 네트워크에 마련된 복수개의 노드(200)의 가중치 합을 나타내도록 마련되는 목적 함수와 하나의 링크(300)에 연결된 복수개의 노드(200)가 동시에 스케줄되는 경우를 나타내도록 마련되는 제약

함수를 이용하여 문제 함수를 산출할 수 있다.

[0151] 이에 따라, 연산부(120)는 산출된 목적 함수, 제약 함수, 문제 함수 및 혼합 함수의 연산자를 산출할 수 있다.

[0152] 이때, 연산부(120)는 최대 가중치 합에 대한 기대 값이 산출되는 횟수에 따라 목적 함수, 제약 함수, 문제 함수 및 혼합 함수로부터 목적 연산자, 제약 연산자, 문제 연산자 및 혼합 연산자를 산출할 수 있다.

[0153] 연산부(120)는 목적 연산자, 제약 연산자, 문제 연산자 및 혼합 연산자로부터 상태 매개 변수를 산출할 수 있다.

[0154] 이때, 연산부(120)는 상태 매개 변수를 미분하여 산출되는 기울기 값이 가장 작은 지점에서, 상태 매개 변수에 대한 최적 상태 매개 변수를 추출할 수 있다.

[0155] 이에 따라, 연산부(120)는 최적 상태 매개 변수와 문제 함수를 이용하여 기대 값을 산출할 수 있다.

[0156] 한편, 추출부(130)는 산출된 기대 값이 가장 큰 경우에 선택된 하나 이상의 노드(200)를 추출하여 링크 세트를 생성할 수 있다.

[0157] 이때, 추출부(130)는 네트워크에 마련된 복수개의 노드(200)가 링크 세트에 포함되도록 하나 이상의 링크 세트를 생성할 수도 있다.

[0159] 도4는 도2의 제어부에서 통신을 수행하도록 제어하는 과정을 나타낸 블록도이다.

[0160] 도4를 참조하면, 연산부(120)는 인접 행렬로부터 나타나는 노드(200)에 대한 최대 가중치 합을 산출하도록 마련되는 상태 매개 변수에 기초하여, 인접 행렬로부터 나타나는 하나 이상의 노드(200)를 선택하고, 선택된 노드(200)의 가중치 합을 예상하여 기대 값을 산출할 수 있다.

[0161] 이를 위해, 연산부(120)는 인접 행렬로부터 나타나는 복수개의 노드(200)의 가중치 합을 나타내도록 마련되는 문제 함수와 인접 행렬로부터 나타나는 복수개의 노드(200)의 스케줄 상태에 대한 서로 다른 경우의 수를 나타내도록 마련되는 혼합 함수를 이용하여 기대 값을 산출할 수 있다.

[0162] 여기에서, 연산부(120)는 최대 가중치 합에 대한 기대 값을 산출하는 과정을 반복하여, 복수개의 기대 값을 산출할 수도 있으며, 이러한 경우에, 연산부(120)는 반복하여 산출된 복수개의 기대 값 중 산출된 빈도 수가 가장 높은 기대 값을 선택할 수도 있다.

[0163] 이에 따라, 추출부(130)는 산출된 기대 값이 가장 큰 경우에 선택된 하나 이상의 노드(200)를 추출하여 링크 세트를 생성할 수 있다.

[0164] 이때, 추출부(130)는 네트워크에 마련된 복수개의 노드(200)가 링크 세트에 포함되도록 하나 이상의 링크 세트를 생성할 수도 있다.

[0165] 제어부(140)는 생성된 링크 세트에 마련되는 하나 이상의 노드(200)를 이용하여 통신을 수행하도록 제어할 수 있다.

[0166] 이때, 제어부(140)는 하나 이상의 링크 세트가 생성된 경우에, 서로 다른 링크 세트에 마련되는 복수개의 노드(200)가 번갈아서 스케줄된 상태로 설정되도록 제어할 수 있으며, 이는, 제어부(140)가 서로 다른 하나 이상의 링크 세트를 번갈아서 선택하고, 선택된 링크 세트에 마련된 복수개의 노드(200)를 이용하여 통신을 수행하도록 제어하는 것으로 이해할 수 있다.

[0168] 도5는 본 발명의 일 실시예에 따른 네트워크 스케줄링 방법의 순서도이다.

[0169] 본 발명의 일 실시예에 따른 네트워크 스케줄링 방법은 도 1에 도시된 네트워크 스케줄링 장치(100)와 실질적으로 동일한 구성 상에서 진행되므로, 도 1의 네트워크 스케줄링 장치(100)와 동일한 구성요소에 대해 동일한 도면 부호를 부여하고, 반복되는 설명은 생략하기로 한다.

[0170] 네트워크 스케줄링 방법은 스케줄 상태를 설정하는 단계(600), 기대 값을 산출하는 단계(610), 링크 세트를 생성하는 단계(620) 및 통신을 수행하도록 제어하는 단계(630)를 포함할 수 있다.

[0171] 스케줄 상태를 설정하는 단계(600)는 생성부(110)가 네트워크에 마련된 복수개의 노드(200)에 대한 링크(300)의 연결 상태를 나타내는 인접 행렬을 생성하고, 인접 행렬로부터 나타나는 노드(200)의 스케줄 상태를 설정하는 단계일 수 있다.

[0172] 기대 값을 산출하는 단계(610)는 연산부(120)가 인접 행렬로부터 나타나는 노드(200)에 대한 최대 가중치 합을 산출하도록 마련되는 상태 매개 변수에 기초하여, 인접 행렬로부터 나타나는 하나 이상의 노드(200)를 선택하고, 선택된 노드(200)의 가중치 합을 예상하여 기대 값을 산출하는 단계일 수 있다.

[0173] 링크 세트를 생성하는 단계(620)는 추출부(130)가 산출된 기대 값이 가장 큰 경우에 선택된 하나 이상의 노드(200)를 추출하여 링크 세트를 생성하는 단계일 수 있다.

[0174] 통신을 수행하도록 제어하는 단계(630)는 제어부(140)가 생성된 링크 세트에 마련되는 하나 이상의 노드(200)를 이용하여 통신을 수행하도록 제어하는 단계일 수 있다.

[0176] 도6은 도5의 기대 값을 산출하는 단계의 세부 순서도이다.

[0177] 기대 값을 산출하는 단계(610)는 목적 함수를 산출하는 단계(611), 제약 함수를 산출하는 단계(612), 문제 함수를 산출하는 단계(613), 혼합 함수를 산출하는 단계(614), 연산자를 산출하는 단계(615) 및 최적 상태 매개 변수를 추출하는 단계(616)를 더 포함할 수 있다.

[0178] 목적 함수를 산출하는 단계(611)는 연산부(120)가 네트워크에 마련된 복수개의 노드(200)의 가중치 합을 나타내도록 마련되는 목적 함수를 산출하는 단계일 수 있다.

[0179] 제약 함수를 산출하는 단계(612)는 연산부(120)가 하나의 링크(300)에 연결된 복수개의 노드(200)가 동시에 스케줄되는 경우를 나타내도록 마련되는 제약 함수를 산출하는 단계일 수 있다.

[0180] 문제 함수를 산출하는 단계(613)는 연산부(120)가 인접 행렬로부터 나타나는 복수개의 노드(200)의 가중치 합을 나타내도록 마련되는 문제 함수를 산출하는 단계일 수 있다.

[0181] 혼합 함수를 산출하는 단계(614)는 연산부(120)가 인접 행렬로부터 나타나는 복수개의 노드(200)의 스케줄 상태에 대한 서로 다른 경우의 수를 나타내도록 마련되는 혼합 함수를 산출하는 단계일 수 있다.

[0182] 연산자를 산출하는 단계(615)는 연산부(120)가 최대 가중치 합에 대한 기대 값이 산출되는 횟수에 따라 목적 함수, 제약 함수, 문제 함수 및 혼합 함수로부터 목적 연산자, 제약 연산자, 문제 연산자 및 혼합 연산자를 산출하는 단계일 수 있다.

[0183] 최적 상태 매개 변수를 추출하는 단계(616)는 연산부(120)가 목적 연산자, 제약 연산자, 문제 연산자 및 혼합 연산자로부터 상태 매개 변수를 산출하고, 상태 매개 변수를 미분하여 산출되는 기울기 값이 가장 작은 지점에서, 상태 매개 변수에 대한 최적 상태 매개 변수를 추출하는 단계일 수 있다.

[0184] 이에 따라, 기대 값을 산출하는 단계(610)는 최적 상태 매개 변수와 문제 함수를 이용하여 기대 값을 산출할 수 있다.

[0185] 이상에서는 실시예들을 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

[0186] 1: 네트워크 시스템

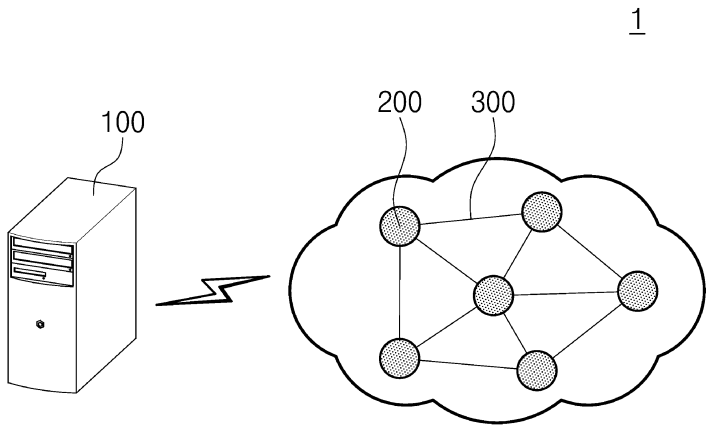
100: 네트워크 스케줄링 장치

200: 노드

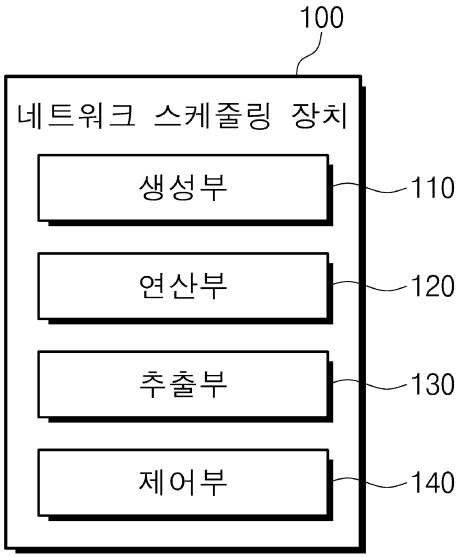
300: 링크

도면

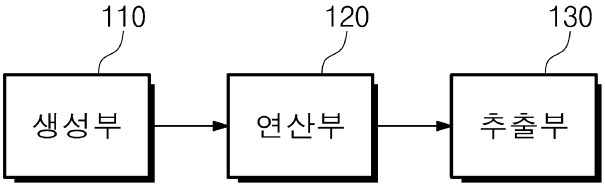
도면1



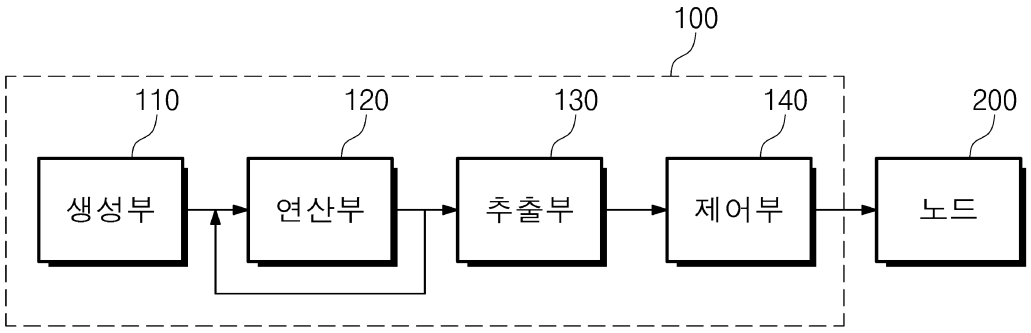
도면2



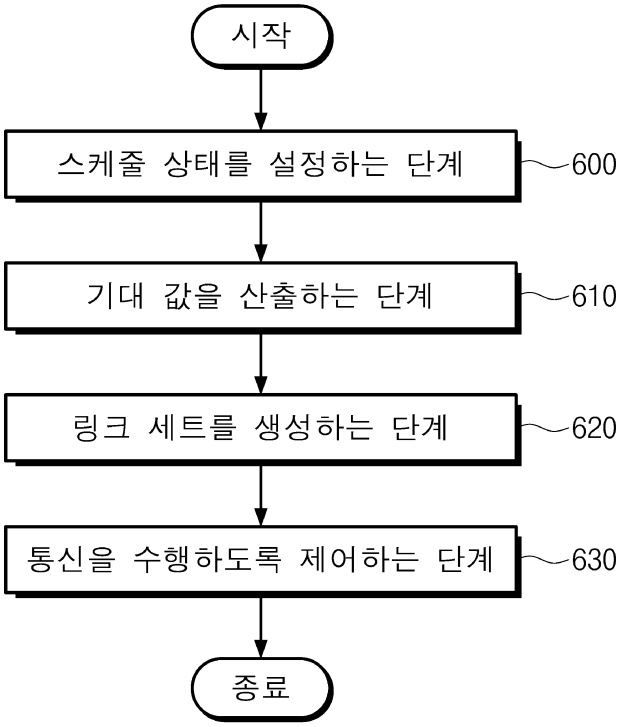
도면3



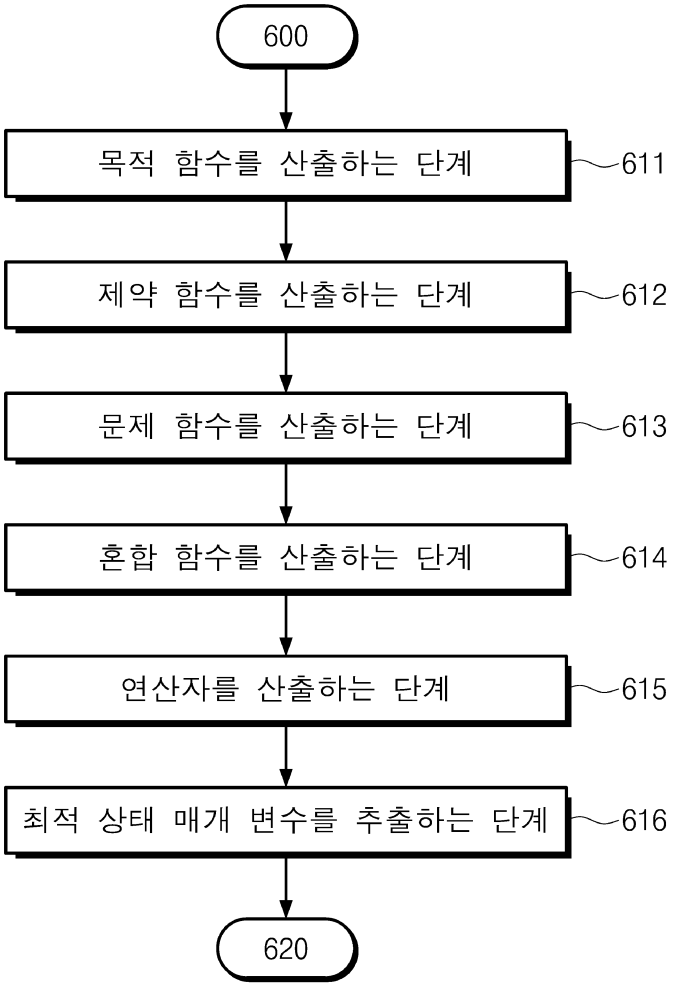
도면4


100
110
120
130
140
200
생성부
연산부
추출부
제어부
노드

도면5


시작
스케줄 상태를 설정하는 단계
600
기대 값을 산출하는 단계
610
링크 세트를 생성하는 단계
620
통신을 수행하도록 제어하는 단계
630
종료

도면6


600
목적 함수를 산출하는 단계
611
제약 함수를 산출하는 단계
612
문제 함수를 산출하는 단계
613
혼합 함수를 산출하는 단계
614
연산자를 산출하는 단계
615
최적 상태 매개 변수를 추출하는 단계
616
620