



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년10월12일
(11) 등록번호 10-1784609
(24) 등록일자 2017년09월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04W 28/20 (2009.01) H04W 28/24 (2009.01)
H04W 72/04 (2009.01)
(52) CPC특허분류
H04W 28/20 (2013.01)
H04W 28/24 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0060382
(22) 출원일자 2016년05월17일
심사청구일자 2016년05월17일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020040034581 A
KR1020070034905 A

(73) 특허권자
이화여자대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)
(72) 발명자
박형곤
경기도 고양시 일산동구 강송로 156, 216동 1001호 (마두동, 강촌마을2단지아파트)
정승현
서울특별시 송파구 양산로8길 24, 201동 604호 (거여동, 거여2단지아파트)
최지수
대전광역시 서구 도솔로327번길 55, 502호 (괴정동, 정주빌라)
(74) 대리인
특허법인 무한

전체 청구항 수 : 총 9 항

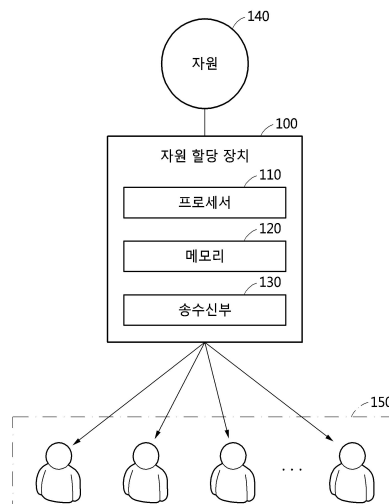
심사관 : 천대녕

(54) 발명의 명칭 연합에 기초하여 사용자에게 자원을 할당하는 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명의 일실시예에 따르면, (1) 상위 레벨의 제1 연합(coalition)에 속하는 복수의 사용자를 그룹핑하여 하위 레벨에 대응하는 두 개의 제2 연합을 생성하는 단계, (2) 상기 생성된 두 개의 제2 연합 각각의 효용 함수를 결정하는 단계 및 (3) 상기 제2 연합 각각의 효용 함수를 이용하여, 상기 제1 연합에 할당된 자원으로부터 상기 두 개의 제2 연합들 각각에 분배될 자원을 결정하는 단계를 포함하고, 상기 제2 연합 각각의 효용 함수는, 상기 제2 연합에 포함된 사용자 각각의 효용 함수에 기초하여 결정되고, 상기 (1), (2), (3) 단계는, 상기 두 개의 제2 연합 중 어느 하나에 속하는 사용자의 수가 1일 때까지 반복적으로 수행되는 자원 할당 방법 및 이를 수행하는 자원 할당 장치가 제공된다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H04W 72/048 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2014R1A2A1A11051257

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 기초연구사업(학술진흥)-중견연구자지원사업-도약연구지원사업(전략)(상향식)

연구과제명 지능적 사물 인터넷을 위한 네트워크 코딩 기반 자가 구성 스마트 네트워크 연구

기 여 율 1/2

주관기관 이화여자대학교 산학협력단

연구기간 2014.11.01 ~ 2017.10.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 IITP-2015-H8501-15-1

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터

연구사업명 대학ICT연구센터육성지원사업

연구과제명 초고속무선네트워크기반u-Office서비스연구개발

기 여 율 1/2

주관기관 중앙대학교

연구기간 2015.01.01 ~ 2015.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

(1) 제k 레벨의 연합(coalition)에 속하는 복수의 장치들을 그룹핑하여 상기 제k 레벨의 연합의 하위 레벨인 제k+1 레벨의 두 개의 연합을 생성하는 단계;

(2) 상기 제k+1 레벨의 두 개의 연합 각각의 효용 함수를 결정하는 단계 - 상기 효용 함수는 상기 효용 함수에 대응하는 연합에 속하는 모든 장치가 달성할 수 있는 효용을, 어느 정도의 자원이 상기 효용 함수에 대응하는 연합에 할당되었는지에 따라 나타낸 함수임 - ; 및

(3) 상기 제k+1 레벨의 두 개의 연합 각각의 효용 함수에 기초하여, 상기 제k 레벨의 연합에 할당된 자원을 상기 제k+1 레벨의 두 개의 연합으로 분배하는 단계

를 포함하고,

상기 (1) 내지 (3) 단계는, 상기 제k+1 레벨의 두 개의 연합 중 어느 하나에 속하는 장치의 수가 1이 될 때까지 상기 k가 증가함에 따라 반복적으로 수행되는 자원 할당 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 분배하는 단계는,

내쉬 협상 솔루션(NBS, Nash Bargaining Solution)을 이용하여 상기 제k+1 레벨의 두 개의 연합 각각에 분배될 자원을 결정하는 자원 할당 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 분배하는 단계는,

상기 제k+1 레벨의 두 개의 연합의 효용 함수들을 곱한 값에 기초하여, 상기 제k+1 레벨의 두 개의 연합 각각에 분배될 자원을 결정하는 자원 할당 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제k+1 레벨의 두 개의 연합 각각의 효용 함수는,

상기 제k+1 레벨의 두 개의 연합에 포함된 장치에 대응하는 효용 함수에 기초하여 결정되는 자원 할당 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 생성하는 단계는,

상기 제k 레벨의 연합이 짝수 개의 장치를 그룹핑하여 생성된 경우, 동일한 수의 장치를 그룹핑하여 상기 제k+1 레벨의 두 개의 연합을 생성하고,

상기 제k 레벨의 연합이 홀수 개의 장치를 그룹핑하여 생성된 경우, 상기 제k+1 레벨의 두 개의 연합의 장치의 개수의 차이가 1이 되도록, 상기 제k+1 레벨의 두 개의 연합을 생성하는 자원 할당 방법.

청구항 6

삭제

청구항 7

전체 자원을 배분할 복수의 장치들을 레벨에 따라 반복적으로 2개의 연합으로 그룹핑 하여, 상기 전체 자원을 배분하기 위한 협상 트리(bargaining tree)를 생성하는 단계; 및

상기 협상 트리에서, 하위 레벨에 대응하는 2개의 연합 각각의 효용 함수를 이용하여, 상위 레벨에 대응하는 1개의 연합에 할당된 자원으로부터, 하위 레벨에 대응하는 2개의 연합들 각각에 배분할 자원을 결정하는 단계 - 상기 효용 함수는 상기 효용 함수에 대응하는 연합에 속하는 모든 장치가 달성할 수 있는 효용을, 어느 정도의 자원이 상기 효용 함수에 대응하는 연합에 할당되었는지에 따라 나타낸 함수임 -

를 포함하는 자원 할당 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 자원을 결정하는 단계는,

상기 하위 레벨에 대응하는 2개의 연합 각각의 효용 함수를 곱한 값에 기초하여, 상기 하위 레벨에 대응하는 2개의 연합들 각각에 배분할 자원을 결정하는 자원 할당 방법.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 협상 트리를 생성하는 단계는,

상기 상위 레벨에 대응하는 1개의 연합이 짝수 개의 장치를 그룹핑하여 생성된 경우, 동일한 수의 장치를 그룹핑하여 상기 하위 레벨에 대응하는 2개의 연합을 생성하고,

상기 상위 레벨에 대응하는 1개의 연합이 홀수 개의 장치를 그룹핑하여 생성된 경우, 상기 하위 레벨에 대응하는 2개의 연합의 장치의 개수의 차이가 1이 되도록, 상기 하위 레벨에 대응하는 2개의 연합을 생성하는 자원 할당 방법.

청구항 10

삭제

청구항 11

자원 할당 장치에 있어서,

프로세서를 포함하고,

상기 프로세서는,

(1) 제k 레벨의 연합(coalition)에 속하는 복수의 장치들을 그룹핑하여 제k+1 레벨의 두 개의 연합을 생성하는 단계;

(2) 상기 생성된 제k+1 레벨의 두 개의 연합 각각의 효용 함수를 결정하는 단계 - 상기 효용 함수는 상기 효용 함수에 대응하는 연합에 속하는 모든 장치가 달성할 수 있는 효용을, 어느 정도의 자원이 상기 효용 함수에 대응하는 연합에 할당되었는지에 따라 나타낸 함수임 -; 및

(3) 상기 제k+1 레벨의 두 개의 연합 각각의 효용 함수에 기초하여, 상기 제k 레벨의 연합에 할당된 자원을 상기 제k+1 레벨의 두 개의 연합으로 분배하는 단계

를 수행하고,

상기 (1) 내지 (3) 단계는, 상기 제k+1 레벨의 두 개의 연합 중 어느 하나에 속하는 장치의 수가 1이 될 때까지 상기 k가 증가함에 따라 반복적으로 수행되는 자원 할당 장치.

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 자원을 할당하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 유비쿼터스 연결성(ubiquitous connectivity)을 지원하는 무선 장치의 개발로, 사용자가 보유한 장치 중에서 네트워크에 연결된 장치의 숫자가 급격히 증가하고 있다. 2020년에는, 한 명의 사용자당 6.6 개의 장치가 네트워크에 연결될 것으로 예상된다. 네트워크에 연결된 장치들은 공유되는 자원(예를 들어, 대역폭(bandwidth), 시간 등)을 통해 서비스될 수 있다. QoS(Quality of Service)를 보장하기 위하여, 공유되는 자원을 사용자 또는 장치로 최적으로 할당할 필요가 있다.

[0003] QoS를 고려한 자원 할당 방법으로 협력적 게임 이론(cooperative game theory)에 기초한 협상 전략이 연구되고 있다. 이들 협상 전략은 자원을 할당하기 위해 필요한 계산량이 사용자가 증가함에 따라 기하급수적으로 증가하는 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

(특허문헌 0001) (1) 한국 공개특허공보 제2004-0034581호(2004.04.28).

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명은 다수의 사용자에게 자원을 할당함에 있어서, 계산량을 줄이면서 자원을 최적으로 할당하는 자원 할당 장치 및 방법을 제안한다.

과제의 해결 수단

[0005] 본 발명의 일실시예에 따르면, (1) 상위 레벨의 제1 연합(coalition)에 속하는 복수의 사용자를 그룹핑하여 하위 레벨에 대응하는 두 개의 제2 연합을 생성하는 단계, (2) 상기 생성된 두 개의 제2 연합 각각의 효용 함수를 결정하는 단계 및 (3) 상기 제2 연합 각각의 효용 함수를 이용하여, 상기 제1 연합에 할당된 자원으로부터 상기 두 개의 제2 연합들 각각에 분배될 자원을 결정하는 단계를 포함하고, 상기 제2 연합 각각의 효용 함수는, 상기 제2 연합에 포함된 사용자 각각의 효용 함수에 기초하여 결정되고, 상기 (1), (2), (3) 단계는, 상기 두 개의 제2 연합 중 어느 하나에 속하는 사용자의 수가 1일 때까지 반복적으로 수행되는 자원 할당 방법 및 이를 기록한 컴퓨터에서 판독 가능한 기록 매체가 제공된다.

[0006] 일실시예에 따르면, 상기 자원을 결정하는 단계는, 내쉬 협상 솔루션(NBS, Nash Bargaining Solution)을 이용하여 상기 두 개의 제2 연합들 각각에 분배될 자원을 결정하는 자원 할당 방법 및 이를 기록한 컴퓨터에서 판독 가능한 기록 매체가 제공된다.

[0007] 일실시예에 따르면, 상기 자원을 결정하는 단계는, 상기 제2 연합 각각의 효용 함수들을 곱한 값이 최대가 되도록, 상기 두 개의 제2 연합들 각각에 분배될 자원을 결정하는 자원 할당 방법 및 이를 기록한 컴퓨터에서 판독 가능한 기록 매체가 제공된다.

[0008] 일실시예에 따르면, 상기 제2 연합 각각의 효용 함수는, 상기 제2 연합에 포함된 사용자 각각의 효용 함수의 최소값을 고려하여 결정되는 자원 할당 방법 및 이를 기록한 컴퓨터에서 판독 가능한 기록 매체가 제공된다.

[0009] 일실시예에 따르면, 상기 두 개의 제2 연합을 생성하는 단계는, 상기 제1 연합이 짝수 개의 사용자를 그룹핑하여 생성된 경우, 동일한 수의 사용자를 그룹핑하여 상기 두 개의 제2 연합을 생성하고, 상기 제1 연합이 홀수 개의 사용자를 그룹핑하여 생성된 경우, 상기 두 개의 제2 연합의 사용자의 개수의 차이가 1이 되도록, 상기 두 개의 제2 연합을 생성하는 자원 할당 방법 및 이를 기록한 컴퓨터에서 판독 가능한 기록 매체가 제공된다.

[0010] 일실시예에 따르면, 상기 두 개의 제2 연합 각각에 할당된 자원의 합은, 상기 제1 연합에 할당된 자원과 동일한

자원 할당 방법 및 이를 기록한 컴퓨터에서 판독 가능한 기록 매체가 제공된다.

- [0011] 본 발명의 일실시예에 따르면, 전체 자원을 배분할 복수의 사용자들을 레벨에 따라 반복적으로 2개의 연합으로 그룹핑 하여, 상기 전체 자원을 배분하기 위한 협상 트리(bargaining tree)를 생성하는 단계 및 상기 협상 트리에서, 하위 레벨에 대응하는 2개의 연합 각각의 효용 함수를 이용하여, 상위 레벨에 대응하는 1개의 연합에 할당된 자원으로부터, 하위 레벨에 대응하는 2개의 연합들 각각에 배분할 자원을 결정하는 단계를 포함하고, 상기 2개의 연합 각각의 효용 함수는, 상기 하위 레벨에 대응하는 2개의 연합들에 속하는 사용자들 각각의 효용 함수에 기초하여 결정되는 자원 할당 방법이 제공된다.
- [0012] 일실시예에 따르면, 상기 자원을 결정하는 단계는, 상기 하위 레벨에 대응하는 2개의 연합 각각의 효용 함수를 공급 값이 최대가 되도록, 상기 하위 레벨에 대응하는 2개의 연합들 각각에 배분할 자원을 결정하는 자원 할당 방법이 제공된다.
- [0013] 일실시예에 따르면, 상기 협상 트리를 생성하는 단계는, 상기 상위 레벨에 대응하는 1개의 연합이 짝수 개의 사용자를 그룹핑하여 생성된 경우, 동일한 수의 사용자를 그룹핑하여 상기 하위 레벨에 대응하는 2개의 연합을 생성하고, 상기 상위 레벨에 대응하는 1개의 연합이 홀수 개의 사용자를 그룹핑하여 생성된 경우, 상기 하위 레벨에 대응하는 2개의 연합의 사용자의 개수의 차이가 1이 되도록, 상기 하위 레벨에 대응하는 2개의 연합을 생성하는 자원 할당 방법이 제공된다.
- [0014] 일실시예에 따르면, 상기 하위 레벨에 대응하는 2개의 연합들 각각에 배분된 자원의 합은, 상기 상위 레벨에 대응하는 1개의 연합에 할당된 자원과 동일한 자원 할당 방법이 제공된다.
- [0015] 본 발명의 일실시예에 따르면, 자원 할당 장치에 있어서, 프로세서를 포함하고, 상기 프로세서는, (1) 상위 레벨의 제1 연합(coalition)에 속하는 복수의 사용자를 그룹핑하여 하위 레벨에 대응하는 두 개의 제2 연합을 생성하는 단계, (2) 상기 생성된 두 개의 제2 연합 각각의 효용 함수를 결정하는 단계 및 (3) 상기 제2 연합 각각의 효용 함수를 이용하여, 상기 제1 연합에 할당된 자원으로부터 상기 두 개의 제2 연합들 각각에 분배될 자원을 결정하는 단계를 수행하고, 상기 제2 연합 각각의 효용 함수는, 상기 제2 연합에 포함된 사용자 각각의 효용 함수에 기초하여 결정되고, 상기 (1), (2), (3) 단계는, 상기 두 개의 제2 연합 중 어느 하나에 속하는 사용자의 수가 1일 때까지 반복적으로 수행되는 자원 할당 장치가 제공된다.

발명의 효과

- [0016] 본 발명의 일실시예에 따르면, 다수의 사용자에 자원을 할당함에 있어서, 계산량을 줄이면서 자원을 최적으로 할당할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0017] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 자원 할당 장치가 자원을 복수의 사용자에게 할당하는 동작을 개념적으로 도시한 도면이다.
- 도 2는 일실시예에 따른 자원 할당 장치가 자원을 홀수 개의 사용자에게 할당하는 예시적인 도면이다.
- 도 3은 일실시예에 따른 자원 할당 장치가 자원을 짝수 개의 사용자에게 할당하는 예시적인 도면이다.
- 도 4는 일실시예에 따른 자원 할당 장치가 연합을 관리하는 협상 트리를 이용하지 않고 자원을 배분하는 동작을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 5는 일실시예에 따른 자원 할당 장치가 연합을 관리하는 협상 트리를 이용하지 않고 자원을 배분하는 동작을 설명하기 위한 흐름도이다.
- 도 6은 일실시예에 따른 자원 할당 장치가 연합을 관리하는 협상 트리를 이용하여 자원을 배분하는 동작을 설명하기 위한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0018] 본 명세서에 개시되어 있는 본 발명의 개념에 따른 실시예들에 대해서 특정한 구조적 또는 기능적 설명들은 단지 본 발명의 개념에 따른 실시예들을 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로서, 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 형태로 실시될 수 있으며 본 명세서에 설명된 실시예들에 한정되지 않는다.
- [0019] 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 변경들을 가할 수 있고 여러 가지 형태들을 가질 수 있으므로 실시예

들을 도면에 예시하고 본 명세서에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 개념에 따른 실시예들을 특정한 개시형태들에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.

- [0020] 제1 또는 제2 등의 용어를 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만, 예를 들어 본 발명의 개념에 따른 권리 범위로부터 이탈되지 않은 채, 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소는 제1 구성요소로도 명명될 수 있다.
- [0021] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 “연결되어” 있다거나 “접속되어” 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 “직접 연결되어” 있다거나 “직접 접속되어” 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성요소들 간의 관계를 설명하는 표현들, 예를 들어 “~사이에”와 “바로~사이에” 또는 “~에 직접 이웃하는” 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.
- [0022] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예들을 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, “포함하다” 또는 “가지다” 등의 용어는 제시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함으로 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0023] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0024] 이하, 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 그러나, 특허출원의 범위가 이러한 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.
- [0025] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 자원 할당 장치(100)가 자원(140)을 복수의 사용자(150)에게 할당하는 동작을 개념적으로 도시한 도면이다.
- [0026] 도 1을 참고하면, 복수의 사용자(150)에게 할당될 수 있는 자원(140)이 개념적으로 도시된다. 자원(140)은 복수의 사용자(150) 및 복수의 사용자(150)가 사용하는 장치가 서로 공유하는 자원을 포함할 수 있다. 자원(140)은 대역폭(bandwidth), 통신 시간, 네트워크 주소, 공유 드라이브 등을 포함할 수 있다.
- [0027] 일실시예에 따른 자원 할당 장치(100)는 자원(140)을 복수의 사용자(150) 각각에게 할당할 수 있다. 즉, 복수의 사용자(150)가 데이터를 상위 네트워크로 송수신하는 경우, 자원 할당 장치(100)는 복수의 사용자(150)가 데이터를 송수신하는 시간을 스케줄링할 수 있다. 자원 할당 장치(100)는 대역폭을 복수의 사용자(150)에게 할당할 수 있다.
- [0028] 특히, 자원 할당 장치(100)는 자원(140)을 복수의 사용자(150)에게 최적으로 할당할 수 있다. 예를 들어, 복수의 사용자(150)가 서로 다른 데이터를 다운로드 받는 경우, 자원 할당 장치(100)는 복수의 사용자(150) 모두가 만족할 수 있는 수준의 시간 내에 데이터를 다운로드 받을 수 있도록, 대역폭 또는 수신 시간을 할당할 수 있다. 더 나아가서, 자원 할당 장치(100)는 사용자의 수가 증가함에도 불구하고, 계산량을 크게 증가하지 않으면서 자원(140)을 효율적으로 사용자 또는 사용자의 장치에게 할당할 수 있다.
- [0029] 도 1을 참고하면, 자원 할당 장치(100)는 사용자 또는 장치에 할당할 자원(140)을 결정하는 프로세서(110)를 포함할 수 있다. 프로세서(110)는 생성된 데이터를 메모리(120)에 저장할 수 있다. 프로세서(110)는 할당된 자원을 송수신부(130)를 통해 복수의 사용자(150)에게 분배할 수 있다. 이로써 복수의 사용자(150)는 자원을 자원 할당 장치(100)로부터 할당받을 수 있다.
- [0030] 일실시예에 따르면, 프로세서(110)는 사용자를 그룹핑하여 연합(coalition)을 생성할 수 있다. 프로세서(110)는 연합내의 사용자를 다시 그룹핑하여, 생성된 연합보다 하위 레벨인 연합을 생성할 수 있다. 특정 연합에 대

해 하위 레벨인 연합을, 특정 연합에 대한 서브 연합(sub-coalition)이라 한다.

- [0031] 프로세서(110)가 연합을 생성하는 동작은 자원을 할당할 복수의 사용자(150) 전체에 대한 연합인 최상위 연합에서 시작되고, 서브 연합에 한 명 내지 두 명의 사용자가 남을 때에 종료될 수 있다. 프로세서(110)는 생성한 연합간의 관계를 협상 트리(bargaining tree)를 이용해 관리할 수 있다.
- [0032] 프로세서(110)가 연합을 생성하는 동작을 보다 구체적으로 설명하면, (1) 상위 레벨의 제1 연합에 속하는 복수의 사용자를 그룹핑하여 하위 레벨에 대응하는 두 개의 제2 연합을 생성하는 동작, (2) 상기 생성된 두 개의 제2 연합 각각의 효용 함수(utility function)를 결정하는 동작 및 (3) 상기 제2 연합 각각의 효용 함수를 이용하여, 상기 제1 연합에 할당된 자원으로부터 상기 두 개의 제2 연합들 각각에 분배될 자원을 결정하는 동작으로 구분할 수 있다. 프로세서는 상기 (1) 내지 (3) 동작을 두 개의 제2 연합 중 어느 하나에 속하는 사용자의 수가 1일 때까지 반복적으로 수행할 수 있다.
- [0033] 따라서, 자원 할당 장치(100)는 자원(140)을 복수의 사용자(150) 각각에게 할당하는 동작을, 자원(140)을 복수의 사용자(150)를 그룹핑한 연합에 할당하는 것으로 단순화할 수 있다. 자원(140)을 할당할 때 필요한 계산량은 자원(140)을 할당할 대상의 수가 증가함에 따라 기하급수적으로 증가하는 경향이 있다. 자원 할당 장치(100)는 (1) 내지 (3) 동작을 반복적으로 수행하면서, 반복적으로 수행하는 매 단계마다, 자원(140)을 두 개의 연합에 대해서만 할당한다. 즉, 매 단계마다 자원(140)을 할당할 대상의 수가 두 개로 제한됨으로써, 자원(140)을 할당할 때 필요한 계산량이 현저히 줄어들 수 있다. 이는 자원 할당 장치(100)가 계산량을 줄이면서 자원(140)을 최적으로 할당하게 한다.
- [0034] 이하에서는 자원 할당 장치(100)가 복수의 사용자(150)를 그룹핑하여 연합을 생성하고, 생성한 연합을 협상 트리를 이용해 관리하는 동작을 도 2 내지 도 3의 도면을 이용하여 보다 상세하게 설명한다.
- [0035] 도 2는 일실시예에 따른 자원 할당 장치가 자원을 홀수 개의 사용자에게 할당하는 예시적인 도면이다. 도 2를 참고하면, 자원 할당 장치가 생성한 협상 트리(200)가 도시된다. 협상 트리(200)의 각 노드는 자원 할당 장치가 생성한 연합에 대응한다.
- [0036] 도 2를 참고하면, 1 단계의 m 번째 연합을 $C_{1,m}$ 이라 한다. 협상 트리(200)에서, 특정 연합은 특정 연합이 유래된 연합을 상위 레벨로 한다. 예를 들어, 도 2를 참고하면, 자원 할당 장치는 최상위 레벨의 연합 $C_{1,1}$ 로부터, 연합 $C_{2,1}$ 을 생성한다.
- [0037] 협상 트리(200)에서, 특정 연합은 특정 연합으로부터 생성된 서브 연합을 하위 레벨로 한다. 연합 각각에 포함된 사용자는 협상 트리(200)를 따라 다시 두 개의 하위 레벨의 연합으로 분할될 수 있다. 도 2를 참고하면, 연합 $C_{1,m}$ 은 연합 $C_{1+1,2m-1}$ 및 연합 $C_{1+1,2m}$ 으로 그룹핑될 수 있다. 예를 들어, 자원 할당 장치는 연합 $C_{2,1}$ 을 그룹핑하여, 연합 $C_{3,1}$ 및 연합 $C_{3,2}$ 를 생성한다. 즉, 자원 할당 장치는 전체 자원 R 을 배분할 복수의 사용자들을, 레벨에 따라 반복적으로 2개의 연합으로 그룹핑 하여, 전체 자원을 배분하기 위한 협상 트리(200)를 생성할 수 있다.
- [0038] 자원 할당 장치는 생성된 제2 연합 각각의 사용자의 수의 차이가 최소가 되도록, 복수의 사용자를 그룹핑할 수 있다. 바꾸어 말하면, 상위 레벨에 대응하는 1개의 연합이 짝수 개의 사용자를 그룹핑하여 생성된 경우, 자원 할당 장치는 동일한 수의 사용자를 그룹핑하여 하위 레벨에 대응하는 2개의 연합(즉, 서브 연합)을 생성할 수 있다. 상기 상위 레벨에 대응하는 1개의 연합이 홀수 개의 사용자를 그룹핑하여 생성된 경우, 자원 할당 장치는 하위 레벨에 대응하는 2개의 연합의 사용자의 개수의 차이가 1이 되도록, 하위 레벨에 대응하는 2개의 연합을 생성할 수 있다.

- [0039] 즉, 제1 연합의 사용자의 수가 n 인 경우, 제1 연합으로부터 생성된 제2 연합들의 사용자의 수는 각각 $\left\lfloor \frac{n}{2} \right\rfloor$ 및 $\left\lceil \frac{n}{2} \right\rceil$ 일 수 있다. 도 2를 참고하면, 연합 $C_{1,1}$ 의 사용자의 수가 5이므로, 연합 $C_{1,1}$ 로부터 생성된 연합 $C_{2,1}$ 및

$$\left\lceil \frac{5}{2} \right\rceil = 3 \quad \text{및} \quad \left\lfloor \frac{5}{2} \right\rfloor = 2$$

연합 $C_{2,2}$ 의 사용자의 수는 각각 3 및 2가 된다.

[0040] 일실시예에 따른 자원 할당 장치는 최하위 레벨의 연합의 사용자의 수가 두 개 이하가 될 경우, 협상 트리(200)를 완성할 수 있다. 도 2를 참고하면, 1=3 단계의 연합 $C_{3,1}$ 내지 연합 $C_{3,2}$ 의 사용자의 수는 모두 2 이하임을 알 수 있다. 따라서, 자원 할당 장치는 1=3 단계에서 제2 연합을 생성하는 것을 중단할 수 있다. 요약하면, 자원 할당 장치가 생성한 협상 트리(200)의 최대 레벨 L 은, 사용자의 수 n 에 대하여, 수학적 식 1에 따라 결정될 수 있다.

수학적 식 1

$$L = \lceil \log_2 n \rceil + 1$$

[0041]

[0042] 일실시예에 따르면, 자원 할당 장치는 상기 최하위 레벨의 연합 중에서 사용자의 수가 2인 연합을 다시 그룹핑함으로써, 협상 트리(200)의 최하위 레벨의 사용자의 수를 모두 1로 만들 수 있다.

[0043] 자원 할당 장치의 협상 트리(200)에서, 최하위 레벨을 제외한 모든 연합은 2개의 서브 연합을 가질 수 있다. 자원 할당 장치는 협상 트리(200)의 최상위 레벨에서 최하위 레벨로 진행하면서, 특정 연합에 할당된 자원을 특정 연합의 서브 연합으로 배분할 수 있다. 자원 할당 장치는 하위 레벨에 대응하는 2개의 연합 각각의 효용 함수를 이용하여, 상위 레벨에 대응하는 1개의 연합에 할당된 자원으로부터, 하위 레벨에 대응하는 2개의 연합들 각각에 배분할 자원을 결정할 수 있다.

[0044] 이하에서는 자원 할당 장치가 연합에 대해 결정하는 효용 함수를 설명한다. 자원 할당 장치가 배분해야 할 총 자원을 R 이라 하고, 자원 할당 장치가 $i(i=1, 2, \dots, n)$ 번째 사용자에게 할당한 자원을 x_i 라 하면, R 및 x_i 간에는 수학적 식 2의 관계가 성립한다.

수학적 식 2

$$R = \sum_{i=1}^n x_i$$

[0045]

[0046] i 번째 사용자는 고유한 효용 함수 $u_i(\cdot)$ 를 가질 수 있다. 효용 함수 $u_i(\cdot)$ 는 오목하고 감소하지 않는 함수 (concave and nondecreasing)일 수 있다. i 번째 사용자에게 할당된 자원 x_i 에 대하여, i 번째 사용자의 효용 함수 $u_i(x_i)$ 는 i 번째 사용자가 자원 x_i 를 통해 달성할 수 있는 효용을 의미한다. 이 때, i 번째 사용자가 최대 효용을 달성하게 만드는 자원을 x_i^* 라 하자. n 명의 사용자 전체의 효용 함수의 집합 $X^* = \{u_1(x_1^*), u_2(x_2^*), \dots, u_n(x_n^*)\}$ 는 내쉬 협상 솔루션(NBS, Nash Bargaining Solution)을 이용하여 수학적 식 3에 의해 결정될 수 있다.

수학식 3

$$X^* = \arg \max_{X=\{u_1(x_1), u_2(x_2), \dots, u_n(x_n)\}} \prod_{i=1}^n (u_i(x_i) - d_i)$$

[0047]

$$\text{subject to } \sum_{i=1}^n x_i \leq R$$

[0048]

[0049] 수학식 3을 참고하면, X^* 는 내쉬 프로덕트(nash product)를 최대화 하는 자원 x_i 에 의해 결정될 수 있다. 또한, X^* 는 불일치 점(disagreement point) d_i 를 고려하여 결정될 수 있다. 불일치 점 d_i 는 i 번째 사용자가 최소 효용을 얻는 점으로써, 불일치 점 d_i 는 원점으로 설정될 수 있다. 불일치 점 d_i 는 효용 함수의 최소값에 기초하여 결정될 수 있다. 수학식 3에 따라 자원을 n 명의 사용자 전체에 동시에 할당할 경우, n 이 증가함에 따라 계산량이 기하 급수적으로 증가할 수 있다.

[0050] 본 발명의 일실시예에 따르면, 자원 할당 장치는 연합 $C_{l,m}$ 의 효용 함수 $u_{l,m}$ 를 수학식 4를 이용하여 결정할 수 있다.

수학식 4

$$u_{l,m}(R_{l,m}) = \prod_{k \in C_{l,m}} u_k(R_{l,m})$$

[0051]

[0052] 수학식 4를 참고하면, 최하위 레벨 L 을 제외한 $l \in \{2, \dots, L-1\}$ 을 따르고, m 은 1 단계의 모든 연합에 대하여, $m \in \{1, \dots, 2^{l-1}\}$ 을 따를 수 있다. 수학식 4를 참고하면, $R_{l,m}$ 은 연합 $C_{l,m}$ 에 할당된 자원을 의미한다. 결론적으로, 자원 할당 장치는 연합 $C_{l,m}$ 의 효용 함수를, 연합들에 속하는 사용자들 각각의 효용 함수 $u_k()$ 및 연합에 할당된 자원 $R_{l,m}$ 에 기초하여 결정할 수 있다.

[0053] 자원 할당 장치가 제2 연합 각각의 사용자의 수의 차이가 최소가 되도록 제1 연합에 포함된 복수의 사용자를 그룹핑하기 때문에, 사용자의 수가 1인 제2 연합에 대한 제1 연합의 사용자의 수는 항상 3이다. 다시 말하면, 3명의 사용자가 포함된 제1 연합으로부터 생성된 두 개의 제2 연합의 사용자의 수는 각각 2, 1이다.

[0054] 3명의 사용자가 포함된 제1 연합에 할당된 자원을 두 개의 제2 연합에 할당하는 경우, (i) 사용자의 수가 1인 제2 연합에 대하여, 자원 할당 장치는 제2 연합에 할당된 자원을 1명의 사용자에게 전부 할당한다. 하지만, (ii) 사용자의 수가 2인 제2 연합에 대하여, 자원 할당 장치는 제2 연합에 할당된 자원을 제2 연합에 포함된 2명의 사용자에게 다시 분배해야 한다. 즉, 사용자의 수가 2인 제2 연합에 포함된 사용자는 사용자의 수가 1인 제2 연합에 포함된 사용자보다 적은 자원을 받을 수 있다.

[0055] 따라서, 3명의 사용자가 포함된 제1 연합에 할당된 자원을 두 개의 제2 연합에 할당하는 경우, 자원 할당 장치는 사용자의 수가 1인 제2 연합의 효용 함수를 수학식 5를 이용하여 결정할 수 있다.

수학식 5

$$u_{l,m}(R_{l,m}) = u_k(2R_{l,m}), k \in C_{l,m}$$

[0056]

[0057] 수학식 5를 참고하면, 사용자의 수가 1인 제2 연합의 효용 함수는 제2 연합에 할당된 자원의 2배로 결정될 수 있다. 다시 말하면, 자원 할당 장치는 사용자의 수가 1인 제2 연합에 할당될 자원을, 사용자의 수가 2인 경우에 할당될 자원의 1/2 레벨에서 결정할 수 있다. 따라서, 자원 할당 장치는 사용자의 수가 각각 2, 1인 두 개의 제2 연합 각각에 할당될 자원을 보다 공정하게 결정할 수 있다.

[0058] 자원 할당 장치는 수학식 6을 이용하여, 연합 $C_{l,m}$ 에 할당된 자원 $R_{l,m}$ 을 서브 연합 $C_{l+1,2m-1}$ 및 $C_{l+1,2m}$ 으로 배분할 수 있다.

수학식 6

$$(R_{l+1,2m-1}, R_{l+1,2m}) = \Gamma\{NBS_c(C_{l+1,2m-1}, C_{l+1,2m}, R_{l,m})\}$$

[0059]

[0060] 수학식 6을 참고하면, $\Gamma\{NBS_c(C_{l+1,2m-1}, C_{l+1,2m}, R_{l,m})\}$ 는 내쉬 협상 솔루션을 이용하여, 서브 연합 $C_{l+1,2m-1}$ 및 $C_{l+1,2m}$ 각각에 할당된 자원 $R_{l+1,2m-1}$ 및 $R_{l+1,2m}$ 을 출력한다. 즉, 자원 할당 장치는 2개의 서브 연합 각각의 효용 함수를 곱한 값이 최대가 되도록, 하위 레벨에 대응하는 2개의 서브 연합들 각각에 배분할 자원을 결정할 수 있다. 또한, 상위 레벨에 대응하는 연합의 자원과 서브 연합의 자원의 합은 동일하므로, $R_{l,m} = R_{l+1,2m-1} + R_{l+1,2m}$ 이 성립한다.

[0061] 수학식 6의 $NBS_c(C_{l+1,2m-1}, C_{l+1,2m}, R_{l,m})$ 는 수학식 7을 이용하여, 연합 $C_{l,m}$ 의 하위 레벨에 대응하는 서브 연합 $C_{l+1,2m-1}$ 및 서브 연합 $C_{l+1,2m}$ 에 포함된 사용자 전체의 효용 함수의 집합 $R^* = \{u_{k1}(R_{l+1,2m-1}^*), u_{k2}(R_{l+1,2m-1}^*), \dots, u_{k'1}(R_{l+1,2m}^*), u_{k'2}(R_{l+1,2m}^*), \dots\}$ (단, $k_i \in C_{l+1,2m-1}$, $k_j' \in C_{l+1,2m}$)을 결정하는 함수이다.

수학식 7

$$R^* = \arg \max_R \left(\prod_{k \in C_{l+1,2m-1}} u_k(R_{l+1,2m-1}) \prod_{k' \in C_{l+1,2m}} u_{k'}(R_{l+1,2m}) \right)$$

[0062]

[0063] *subject to* $R_{l+1,2m-1} + R_{l+1,2m} \leq R_{l,m}$

[0064] 수학식 7을 참고하면, 자원 $R_{l+1,2m-1}$ 및 $R_{l+1,2m}$ 이 서브 연합 각각에 포함된 사용자의 효용 함수를 곱한 값이 최대가 되도록 결정될 수 있다.

[0065] 자원 할당 장치는 수학식 6을 이용하여 연합의 자원을 2개의 서브 연합으로 할당하는 동작을, 최하위 레벨까지

반복하여 수행할 수 있다. 이로써, 자원을 n명의 사용자 전체에 동시에 할당하는 경우와 비교할 때에, 자원 할당 장치는 훨씬 적은 계산량으로 자원을 최적으로 할당할 수 있다.

[0066] 자원 할당 장치는 자원을 최하위 레벨 L에 대응하는 연합에 할당한 경우, 자원을 최하위 레벨 L에 대응하는 연합에 포함된 사용자에게 할당할 수 있다. 최하위 레벨의 바로 위 두 레벨의 L-2, L-1의 연합 $C_{l,m}$ 이 두 명의 사용자 k 및 k'를 포함하는 경우, 자원 할당 장치는 수학적 식 8을 이용하여, 자원 $x_k, x_{k'}$ 을 사용자 k 및 k'에게 할당할 수 있다.

수학적 식 8

$$(x_k, x_{k'})_{k,k' \in C_{l,m}} = \Gamma\{NBS_w(C_{l,m}, R_{l,m})\}$$

[0067]

[0068] 수학적 식 8을 참고하면, $\Gamma\{NBS_w(C_{l,m}, R_{l,m})\}$ 는 내쉬 협상 솔루션을 이용하여, 사용자 k 및 k'가 최대 효용을 달성할 수 있는 자원을 출력한다. 레벨 L-1의 연합이 오직 한 명의 사용자를 포함하는 경우, 연합에 할당되는 모든 자원이 한 명의 사용자에게 할당될 수 있다.

[0069] 비록 사용자에게 대한 실시예만이 도시되었지만, 자원 할당 장치는 홀수 개의 장치 또는 홀수 개의 객체에 대해서도, 도 2에서 설명한 바와 유사하게 자원을 할당할 수 있다.

[0070] 도 3은 일실시예에 따른 자원 할당 장치가 자원을 짝수 개의 사용자에게 할당하는 예시적인 도면이다. 도 3을 참고하면, 자원 할당 장치가 생성한 협상 트리(300)가 도시된다. 협상 트리(300)의 각 노드가 자원 할당 장치가 생성한 연합에 대응하는 것은 도 2에서 설명한 바와 동일하다. 도 3의 실시예를 설명하면서, 도 2와 유사한 점에 대해서는 상세한 설명을 생략한다.

[0071] 도 3을 참고하면, 자원 할당 장치는 자원 할당의 대상이 되는 복수의 사용자 전체에 대한 연합(최상위 연합) $C_{1,1}$ 을 그룹핑하여 연합 $C_{1,1}$ 에 대한 서브 연합 $C_{2,1}$ 및 서브 연합 $C_{2,2}$ 을 생성할 수 있다. 자원 할당 장치는 상위 레벨의 연합을 그룹핑하여 두 개의 서브 연합을 생성하는 동작을, 서브 연합의 사용자의 수가 두 명 이하가 될 때까지 반복할 수 있다.

[0072] 자원 할당 장치는 두 개의 서브 연합의 사용자의 수의 차이가 최소가 되도록, 상위 레벨의 연합에 포함된 사용자를 그룹핑할 수 있다. 즉, 상위 레벨의 연합에 포함된 사용자의 수가 짝수인 경우, 자원 할당 장치는 상위 레벨의 연합의 사용자를 그룹핑하여 생성한 2개의 서브 연합의 사용자의 수를 서로 동일하게 설정할 수 있다. 도 3을 참고하면, 연합 $C_{2,1}$ 에 포함된 사용자의 수가 4이므로, 자원 할당 장치는 연합 $C_{2,1}$ 의 사용자를 둘씩 그룹핑하여, 서브 연합인 연합 $C_{3,1}$ 및 연합 $C_{3,2}$ 의 사용자의 수를 전부 2로 설정할 수 있다.

[0073] 자원 할당 장치는 협상 트리(300)의 최하위 레벨의 모든 연합의 사용자의 수가 두 개 이하가 될 때까지, 그룹핑을 수행할 수 있다. 따라서, 도 3을 참고하면, 1=3 레벨의 모든 연합의 사용자의 수가 2이므로, 자원 할당 장치는 1=3 레벨을 최하위 레벨로 설정할 수 있다. 일실시예에 따르면, 자원 할당 장치는 상기 최하위 레벨의 연합 중에서 사용자의 수가 2인 연합을 다시 그룹핑함으로써, 협상 트리(300)의 최하위 레벨의 사용자의 수를 모두 1로 만들 수 있다.

[0074] 자원 할당 장치는 생성된 연합에 대한 협상 트리(300)의 최상위 레벨(1=1)에서 최하위 레벨로(1=L) 진행하면서, 상위 레벨의 연합에 할당된 자원을 하위 레벨의 연합에 배분할 수 있다. 자원 할당 장치는 수학적 식 4 내지 수학적 식 5를 이용하여, 하위 레벨에 대응하는 연합의 효용 함수를 결정할 수 있다. 자원 할당 장치는 수학적 식 6을 이용하여, 하위 레벨에 대응하는 두 연합에 배분할 자원을 결정할 수 있다. 결국, 자원 할당 장치는 매 단계마다 2개의 연합에 대해서만 자원을 배분하므로, 자원을 n명의 사용자 전체에 동시에 할당하는 경우보다 훨씬 적은 계산량으로 자원을 최적으로 할당할 수 있다.

[0075] 자원 할당 장치는 모든 연합에 자원을 배분한 다음, 연합에 배분된 자원을 최하위 레벨 L에 대응하는 연합에 포함된 사용자에게 할당할 수 있다. 자원 할당 장치는 최하위 레벨의 바로 위 두 레벨의 L-2, L-1 연합이 두 명의 사용자 k 및 k'를 포함하는 경우, 수학적 식 8에 기초하여 자원을 두 명의 사용자에게 할당할 수 있다. 도 3

을 참고하면, 자원 할당 장치가 최하위 레벨 $L=4$ 으로 결정한 경우, 자원 할당 장치는 최하위 레벨의 바로 위 두 레벨 $l=2, 3$ 의 모든 연합 $C_{2,1}$ 내지 $C_{3,4}$ 각각에 포함된 두 명의 사용자에게 할당할 자원을, 수학적 식 8에 기초하여 결정할 수 있다.

[0076] 일실시예에 따르면, 연합간의 관계를 협상 트리를 통해 관리하는 자원 할당 장치가 수행하는 동작은 표 1의 의사 코드(pseudo code)에 따라 구현될 수 있다.

표 1

[0077]

```
//연합에 배분될 자원을 결정
for l=1 to L-2
  for m=1 to 2l-1
     $(R_{l+1,2m-1}, R_{l+1,2m}) = \Gamma\{NBS_c(C_{l+1,2m-1}, C_{l+1,2m}, R_{l,m})\}$ 
  end for
end for
//연합 내의 사용자에게 배분될 자원을 결정
for l=L-2 to L-1
  for m=1 to 2L-1
    if |Cl,m| = 2 //|Cl,m|은 Cl,m에 포함된 사용자의 수를 반환
       $x' = \Gamma\{NBS_w(C_{l,m}, R_{l,m})\}$ ,  $x^* \leftarrow [x^*, x']$ 
    else if |Cl,m| = 1
       $x' = R_{l,m}$ ,  $x^* \leftarrow [x^*, x']$ 
    else
       $x^* \leftarrow x^*$ 
    end if
  end for
end for
```

[0079] 표 1을 참고하면, $R_{1,1}$ 은 자원 할당 장치가 할당해야 할 전체 자원 R을 의미한다.

[0080] 비록 사용자에게 대한 실시예만이 도시되었지만, 자원 할당 장치는 짝수 개의 장치 또는 짝수 개의 객체에 대해서도, 도 3에서 설명한 바와 유사하게 자원을 할당할 수 있다.

[0081] 도 4는 일실시예에 따른 자원 할당 장치가 연합을 관리하는 협상 트리를 이용하지 않고 자원을 배분하는 동작을 설명하기 위한 도면이다. 자원 할당 장치는 상위 레벨의 연합을 그룹핑하여 하위 레벨의 연합을 생성할 때마다, 상위 레벨의 연합에 할당된 자원을 하위 레벨의 연합에 배분할 수 있다. 도 4를 참고하면, 자원 할당 장치가 생성한 연합들의 관계도(400)가 도시된다.

[0082] 일실시예에 따르면, 자원 할당 장치는 (1) 상위 레벨의 제1 연합(coalition)에 속하는 복수의 사용자를 그룹핑하여 하위 레벨에 대응하는 두 개의 제2 연합을 생성할 수 있다. 도 4를 참고하면, 자원 할당 장치는 모든 사용자를 포함하는 최상위 연합 $C_{1,1}$ 을 그룹핑하여, 연합 $C_{2,1}$ 및 연합 $C_{2,2}$ 을 생성할 수 있다. 생성된 연합 $C_{2,1}$ 및 연합 $C_{2,2}$ 이 연합 $C_{1,1}$ 의 서브 연합이다. 자원 할당 장치는 생성된 서브 연합에 포함된 사용자 수의 차이가 최소가 되도록, 연합의 사용자를 두 개의 서브 연합으로 배분할 수 있다. 도 4를 참고하면, 자원 할당 장치는 연합 $C_{1,1}$ 의 7명의 사용자를 연합 $C_{2,1}$ 및 연합 $C_{2,2}$ 로 각각 4명, 3명씩 배분할 수 있다.

[0083] 자원 할당 장치는 (2) 생성된 두 개의 제2 연합 각각의 효용 함수를 결정할 수 있다. 도 4를 참고하면, 자원 할당 장치는 연합 $C_{2,1}$ 및 연합 $C_{2,2}$ 의 효용 함수를, 수학적 식 4 내지 수학적 식 5를 이용하여 결정할 수 있다. 수학적 식 4에서 설명한 바와 같이, 연합의 효용 함수는 연합에 포함된 사용자 각각의 효용 함수에 기초하여 결정될 수 있다.

- [0084] 연합 $C_{2,1}$ 및 연합 $C_{2,2}$ 의 효용 함수가 결정된 다음, 자원 할당 장치는 (3) 제2 연합 각각의 효용 함수를 이용하여, 제1 연합에 할당된 자원으로부터 두 개의 제2 연합들 각각에 분배될 자원을 결정할 수 있다. 도 4를 참고하면, 자원 할당 장치는 연합 $C_{2,1}$ 및 연합 $C_{2,2}$ 의 효용 함수에 기초하여, 연합 $C_{2,1}$ 에 분배될 자원 $R_{2,1}$ 및 연합 $C_{2,2}$ 에 분배될 자원 $R_{2,2}$ 를 결정할 수 있다. 제2 연합 각각에 할당된 자원의 합은, 상기 제1 연합에 할당된 자원과 동일하므로, 연합 $C_{1,1}$ 의 자원 R 에 대하여 $R=R_{2,1}+R_{2,2}$ 가 성립한다.
- [0085] 자원 할당 장치는 상기 (1) 제2 연합을 생성하는 동작, (2) 효용 함수를 결정하는 동작 및 (3) 자원을 결정하는 동작을, 두 개의 제2 연합 중 어느 하나에 속하는 사용자의 수가 1일 때까지 반복적으로 수행할 수 있다. 도 4를 참고하면, 자원 할당 장치는 다시 연합 $C_{2,1}$ 및 연합 $C_{2,2}$ 각각을 그룹핑해야 하므로, 제1 연합은 연합 $C_{2,1}$ 및 연합 $C_{2,2}$ 가 되고, 이들 연합의 사용자의 수는 하나가 아니므로, 자원 할당 장치는 연합 $C_{2,1}$ 및 연합 $C_{2,2}$ 각각에 대하여 상술한 (1) 내지 (3)의 동작을 반복 수행할 수 있다.
- [0086] 즉, 자원 할당 장치는 연합 $C_{2,1}$ 의 사용자를 그룹핑하여, 연합 $C_{3,1}$ 및 연합 $C_{3,2}$ 를 생성할 수 있다. 연합 $C_{2,1}$ 에 포함된 사용자의 수가 4로써 짝수이므로, 연합 $C_{3,1}$ 및 연합 $C_{3,2}$ 의 사용자의 수는 2로 동일할 수 있다. 자원 할당 장치는 연합 $C_{3,1}$ 및 연합 $C_{3,2}$ 의 효용 함수를 결정한 다음, 결정된 효용 함수들을 곱한 값이 최대가 되도록, 상기 연합 $C_{3,1}$ 및 연합 $C_{3,2}$ 들 각각에 분배될 자원을 결정할 수 있다. 따라서, 연합 $C_{2,1}$ 에 분배된 자원은 연합 $C_{3,1}$ 및 연합 $C_{3,2}$ 로 최적으로 할당될 수 있다.
- [0087] 동일한 동작이 연합 $C_{2,2}$ 에 대해서도 수행될 수 있다. 다만, 연합 $C_{2,2}$ 에 포함된 사용자의 수가 3으로 홀수이므로, 자원 할당 장치가 연합 $C_{2,2}$ 를 그룹핑하여 생성된 연합 $C_{3,3}$ 및 연합 $C_{3,4}$ 의 사용자의 수는 각각 1 및 2로 결정될 수 있다.
- [0088] 결론적으로, 자원을 분배하는 것과 관련된 (3) 동작은 항상 두 개의 서브 연합을 대상으로 수행된다. 이로써 자원 할당 장치는 계산량을 기하 급수적으로 증가시키지 않으면서, 자원을 최적으로 할당할 수 있다.
- [0089] 도 5는 일실시예에 따른 자원 할당 장치가 연합을 관리하는 협상 트리를 이용하지 않고 자원을 배분하는 동작을 설명하기 위한 흐름도이다. 일실시예에 따른 자원 할당 방법을 실행하기 위한 프로그램이 기록된 컴퓨터에서 판독 가능한 기록 매체가 제공될 수 있다. 상기 프로그램은 자원 할당 방법을 저장한 응용 프로그램, 디바이스 드라이버(device driver), 펌웨어(firmware), 미들웨어(middleware), 동적 링크 라이브러리(DLL, Dynamic-Link Library) 및 애플릿(applet) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 본 발명의 일실시예에 따르면, 자원 할당 장치는 프로세서를 포함하고, 프로세서는 자원 할당 방법이 기록된 기록 매체를 판독함으로써, 자원 할당 방법을 수행할 수 있다.
- [0090] 도 5를 참고하면, 단계(510)에서, 자원 할당 장치는 상위 레벨의 제1 연합에 속하는 복수의 사용자를 그룹핑하여 하위 레벨에 대응하는 두 개의 제2 연합을 생성할 수 있다. 제2 연합의 사용자의 수의 차이를 최소로 만들기 위하여, 자원 할당 장치는 제1 연합이 짝수 개의 사용자를 그룹핑하여 생성된 경우, 동일한 수의 사용자를 그룹핑하여 두 개의 제2 연합을 생성하고, 제1 연합이 홀수 개의 사용자를 그룹핑하여 생성된 경우, 상기 두 개의 제2 연합의 사용자의 개수의 차이가 1이 되도록, 상기 두 개의 제2 연합을 생성할 수 있다.
- [0091] 도 5를 참고하면, 단계(520)에서, 자원 할당 장치는 생성된 두 개의 제2 연합 각각의 효용 함수를 결정할 수 있다. 제2 연합 각각의 효용 함수는 제2 연합에 포함된 사용자 각각의 효용 함수에 기초하여 결정될 수 있다. 보다 구체적으로, 제2 연합의 효용 함수는 수학적 4 내지 수학적 5를 이용하여 결정될 수 있다. 제2 연합의 효용 함수는 제2 연합에 포함된 사용자 각각의 효용 함수의 최소값을 고려하여 결정될 수 있다.
- [0092] 도 5를 참고하면, 단계(530)에서, 자원 할당 장치는 제2 연합 각각의 효용 함수를 이용하여, 제1 연합에 할당된 자원으로부터 두 개의 제2 연합들 각각에 분배될 자원을 결정할 수 있다. 제2 연합 각각에 할당된 자원의 합은, 상기 제1 연합에 할당된 자원과 동일하다. 자원 할당 장치는 내쉬 협상 솔루션을 이용하여 두 개의 제2 연합들 각각에 분배될 자원을 결정할 수 있다. 자원 할당 장치는 수학적 6을 이용하여 두 개의 제2 연합들 각각에 분배될 자원을 결정할 수 있다. 즉, 자원 할당 장치는 제2 연합 각각의 효용 함수들을 곱한 값이 최대가 되도록, 두 개의 제2 연합들 각각에 분배될 자원을 결정할 수 있다.
- [0093] 도 5를 참고하면, 단계(540)에서, 자원 할당 장치는 제1 연합에 속하는 사용자의 수에 기초하여, 단계(510) 내

지 단계(530)를 반복할지를 결정할 수 있다. 레벨 1이 최하위 레벨 L이 될 때까지, 자원 할당 장치는 단계 (510) 내지 단계(530)를 반복하여 수행할 수 있다.

[0094] 자원 할당 장치는 제1 연합의 자원을 제2 연합으로 배분하는 동작을 반복 수행함으로써, 자원을 할당할 수 있다. 따라서, 자원 할당 장치는 사용자의 수 n 이 얼마인지에 종속되지 않는다. 또한, 반복 수행되는 매 동작 이 두 개의 제2 연합을 대상으로 수행되므로, 계산량이 사용자의 수 n 에 비례하여 기하 급수적으로 증가하지 않는다. 따라서, 자원 할당 장치는 적은 계산량으로 자원을 최적으로 할당할 수 있다.

[0095] 도 6은 일실시예에 따른 자원 할당 장치가 연합을 관리하는 협상 트리를 이용하여 자원을 배분하는 동작을 설명 하기 위한 흐름도이다.

[0096] 도 6을 참고하면, 단계(610)에서, 일실시예에 따른 자원 할당 장치는 전체 자원을 배분할 복수의 사용자들을 레 벨에 따라 반복적으로 2개의 연합으로 그룹핑 하여, 상기 전체 자원을 배분하기 위한 협상 트리를 생성할 수 있 다. 자원 할당 장치가 상위 레벨에 대응하는 연합을 반복적으로 2개의 연합으로 그룹핑하므로, 각 노드가 연합 에 대응하는 협상 트리는 노드 별로 2 개의 하위 노드를 포함할 수 있다. 자원 할당 장치가 연합을 반복적으로 그룹핑하는 동작은, 생성된 연합의 사용자의 수가 2 이하가 될 때 중단될 수 있다.

[0097] 도 6을 참고하면, 단계(620)에서, 일실시예에 따른 자원 할당 장치는 하위 레벨에 대응하는 2개의 연합 각각의 효용 함수를 이용하여, 상위 레벨에 대응하는 1개의 연합에 할당된 자원으로부터, 하위 레벨에 대응하는 2개의 연합들 각각에 배분할 자원을 결정할 수 있다. 상기 효용 함수는, 하위 레벨에 대응하는 2개의 연합들에 속하 는 사용자들 각각의 효용 함수에 기초하여 결정될 수 있다. 자원 할당 장치는 2개의 연합 각각의 효용 함수를 곱한 값이 최대가 되도록, 하위 레벨에 대응하는 2개의 연합들 각각에 배분할 자원을 결정할 수 있다. 2개의 연합들 각각에 배분된 자원의 합은, 상기 상위 레벨에 대응하는 1개의 연합에 할당된 자원과 동일할 수 있다.

[0098] 자원 할당 장치가 상위 레벨에서 하위 레벨로 진행하면서, 상위 레벨에 대응하는 연합에 할당된 자원을 하위 레 벨에 대응하는 연합으로 배분할 수 있다. 최종적으로, 자원 할당 장치는 자원을 최하위 레벨에 위치한 연합에 배분할 수 있다. 최하위 레벨에서, 연합의 사용자의 수가 1인 경우, 연합에 배분된 자원은 전부 1명의 사용자 에게 배분될 수 있다. 연합의 사용자의 수가 2인 경우, 자원 할당 장치는 자원을 2명의 사용자에게 수학적 8에 기초하여 배분할 수 있다.

[0099] 결론적으로, 자원 할당 장치가 자원을 배분하는 모든 동작은 최대 2개의 연합 또는 사용자에게 한해 수행될 수 있 다. 자원을 배분하는 동작이 제한된 숫자의 대상에 대해 수행됨으로써, 자원 할당 장치가 수행하는 계산량이, 사용자의 수 n 에 따라 기하 급수적으로 증가하지 않을 수 있다. 따라서, 자원 할당 장치는 사용자의 수 n 이 급 격히 증가함에도 불구하고, 적은 계산량으로 자원을 할당할 수 있다.

[0100] 비록 사용자에게 대한 실시예만이 도시되었지만, 자원 할당 장치는 장치 또는 객체에 대해서도, 자원을 앞서 설명 한 바와 유사하게 할당할 수 있다.

[0101] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로 세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴 퓨터, FPGA(field programmable gate array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령 (instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상 의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설 명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소 (processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서 (parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

[0102] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로 (collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로,

또는 일시적으로 구체화(embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

[0103] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0104] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

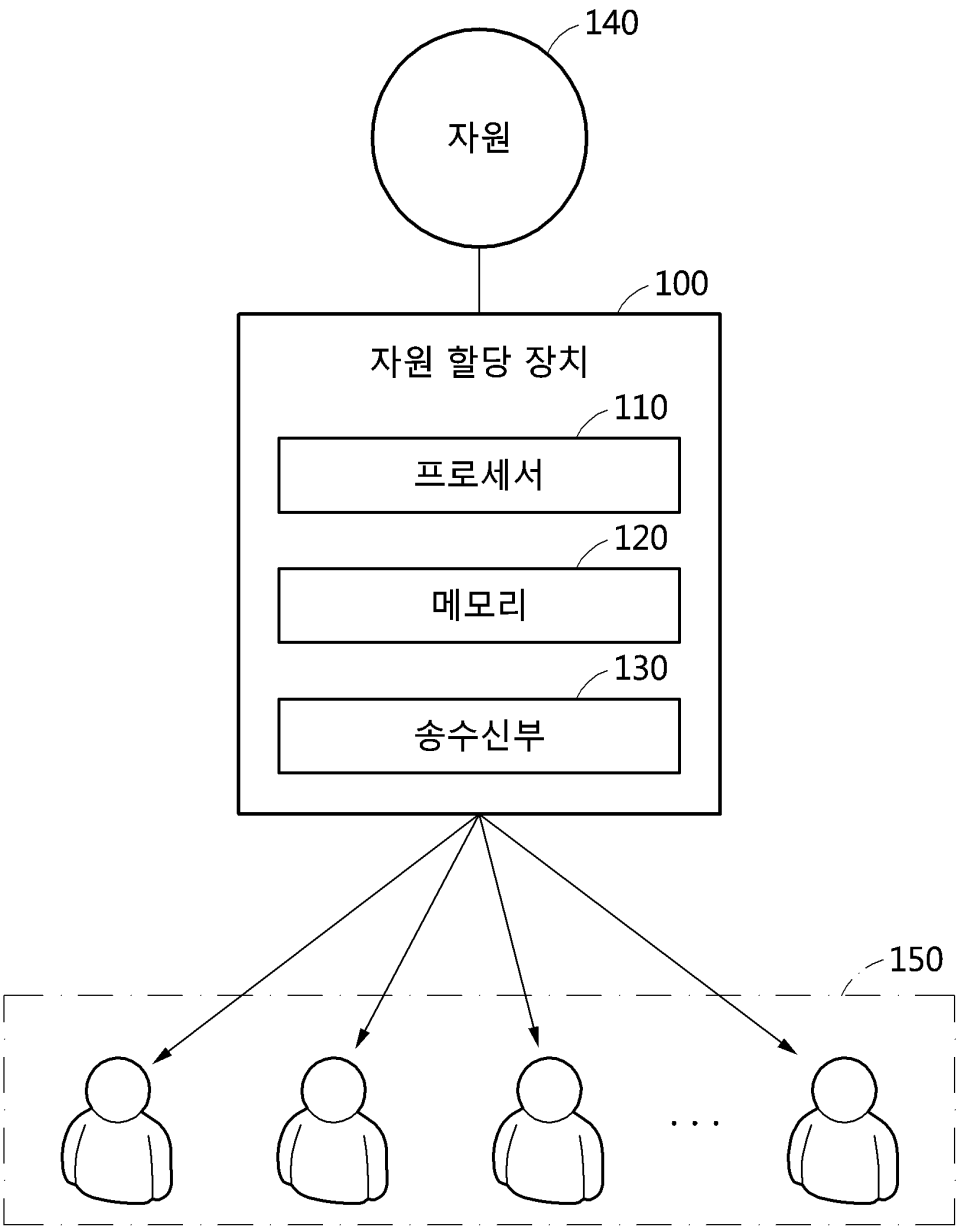
[0105] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

[0106] 100 : 자원 할당 장치
110 : 프로세서
120 : 메모리
130 : 송수신부
140 : 자원
150 : 복수의 사용자

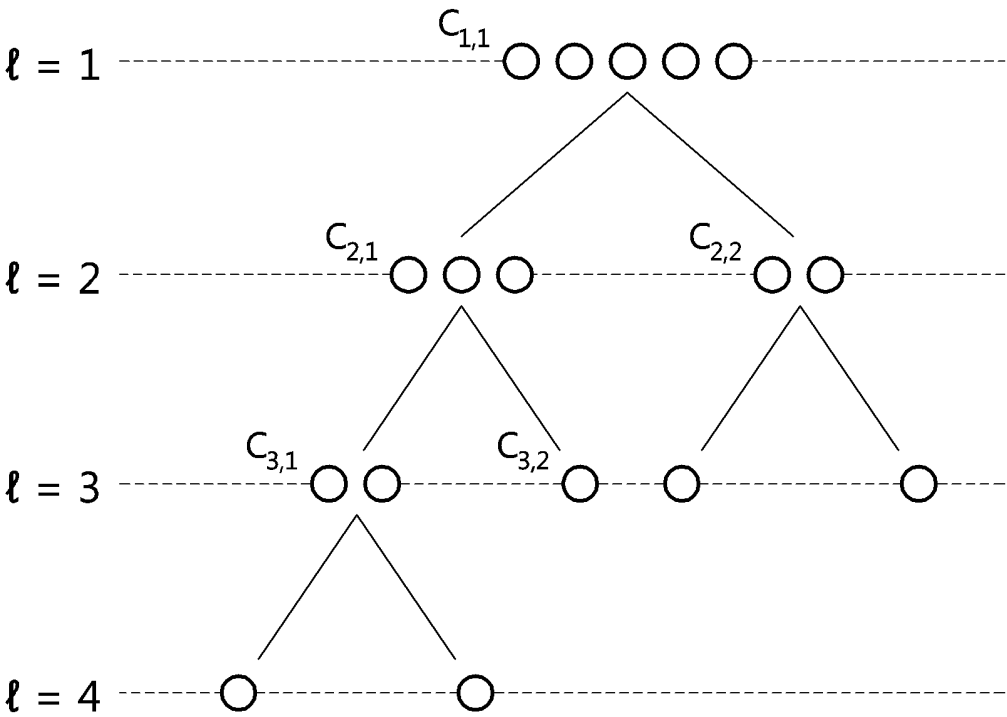
도면

도면1

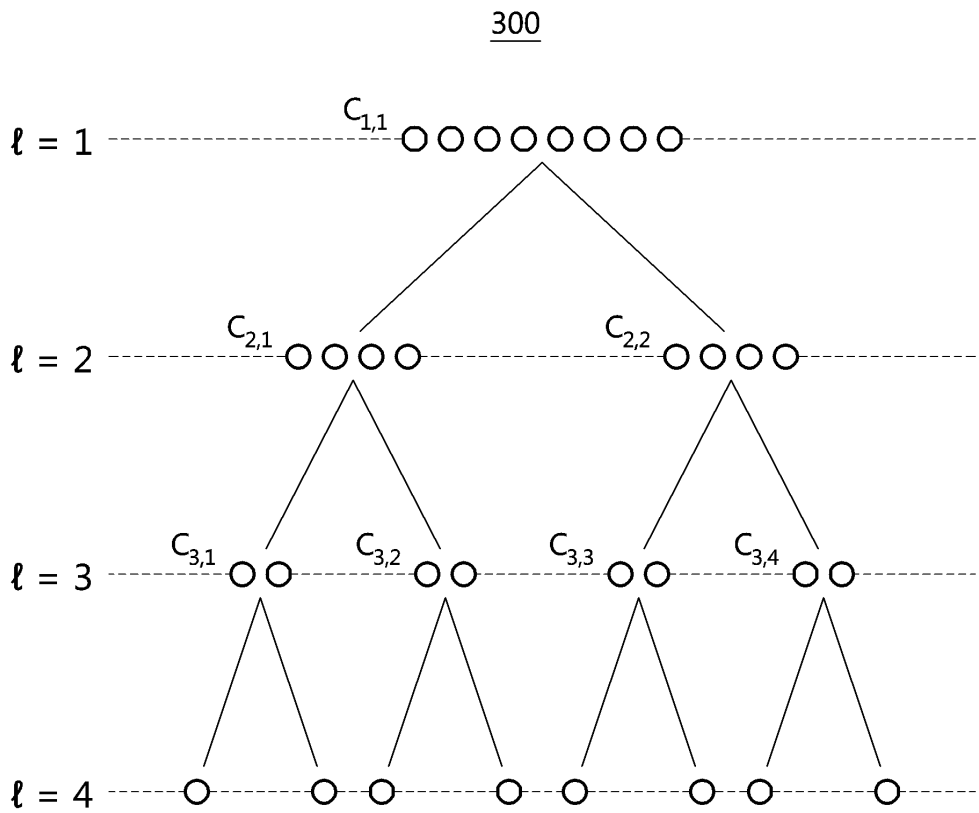


도면2

200

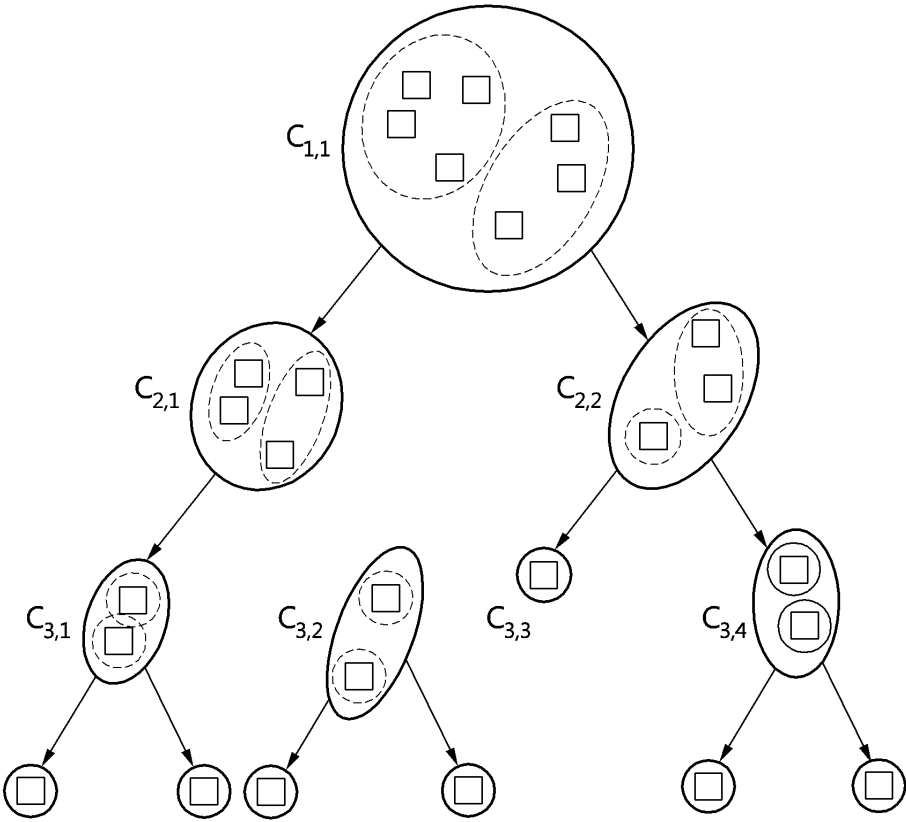


도면3

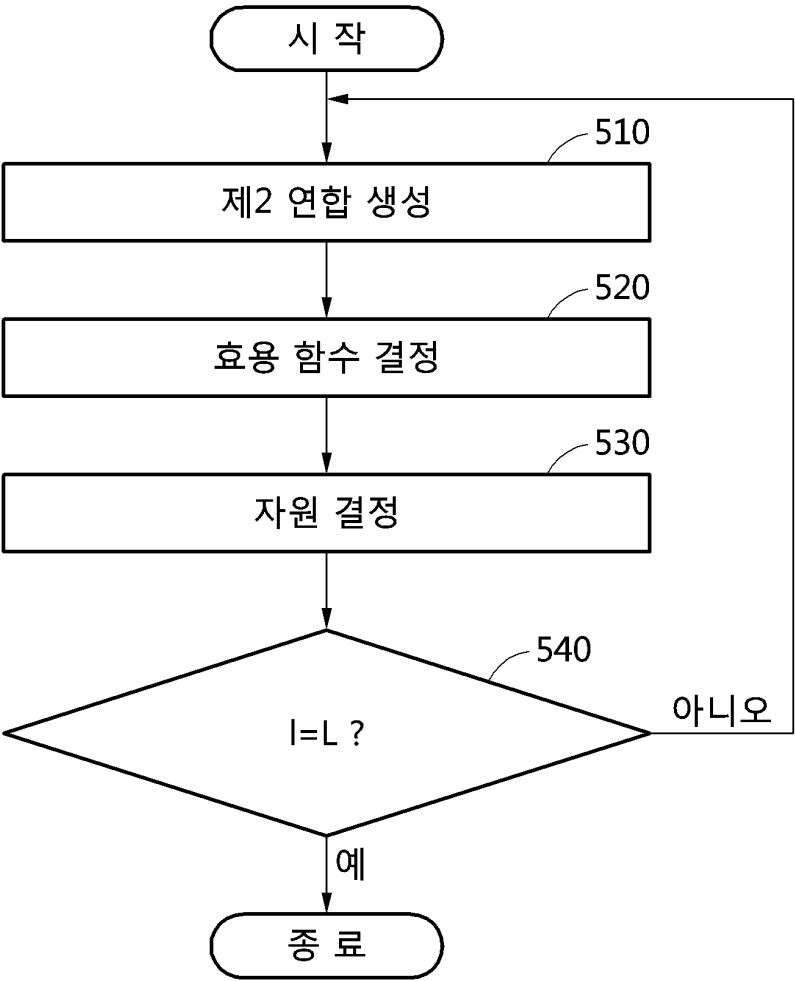


도면4

400



도면5



도면6

