(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2022 년 5 월 12 일 (12.05.2022)

WIPO | PCT

(10) 국제공개번호
WO 2022/097845 A1

(51) 국제특허분류:
G06F 9/50 (2006.01) *H04L 29/08* (2006.01)
G06F 9/48 (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2021/001638

(22) 국제출원일: 2021 년 2 월 8 일 (08.02.2021)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2020-0147254 2020 년 11 월 6 일 (06.11.2020) KR

(71) 출원인: 고려대학교 산학협력단 (**KOREA UNIVERSITY RESEARCH AND BUSINESS FOUNDATION**) [KR/KR]; 02841 서울시 성북구 안암로 145 (안암동5가), Seoul (KR).

(72) 발명자: 백상헌 (**PACK, Sangheon**); 06597 서울시 서초구 고무래로 35, 109동 1004호, Seoul (KR). 전유빈 (**JEON, Youbin**); 13645 경기도 성남시 수정구 위례동로 15, 5713동 403호., Gyeonggi-do (KR). 백호성 (**BAEK, Ho-Sung**); 02725 서울시 성북구 길음로 16, 606동 1101호., Seoul (KR).

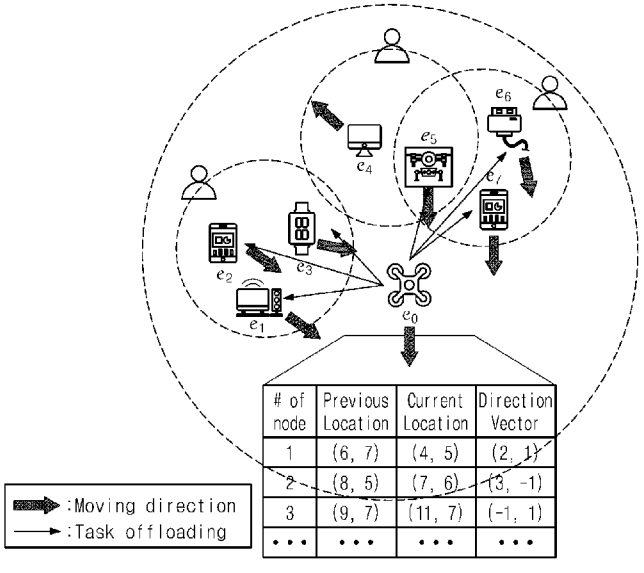
(74) 대리인: 김홍석 (**KIM, Hong Suk**); 08390 서울시 구로구 디지털로 26길 111, Jnk 디지털타워 405호 동진국제특허법률사무소, Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM,

(54) **Title:** TASK ALLOCATION METHOD IN DISTRIBUTED EDGE COMPUTING ENVIRONMENT

(54) **발명의 명칭:** 분산 에지 컴퓨팅 환경에서 작업 할당 방법



# of node	Previous Location	Current Location	Direction Vector
1	(6, 7)	(4, 5)	(2, 1)
2	(8, 5)	(7, 6)	(3, -1)
3	(9, 7)	(11, 7)	(-1, 1)
...	...	...	...

(57) **Abstract:** Provided is a task allocation method in a distributed edge computing environment. A task allocation method in a distributed edge computing environment comprises: a step in which a transmitting node (TN) receives information on a direction vector and a current location from each of multiple receiving nodes (RNs); a step in which the TN calculates a connection time between the TN and each of the RNs and detects mobility of each of the RNs; and a step of allocating a task to at least one of the RNs on the basis of the calculated connection time.

WO 2022/097845 A1

[다음 쪽 계속]

ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

(57) 요약서: 분산 에지 컴퓨팅 환경에서 작업 할당 방법을 제공한다. 분산 에지 컴퓨팅 환경에서 작업 할당 방법은 송신 노드(transmitting node, TN)가 복수의 수신 노드들(receiving nodes, RNs) 각각으로부터 현재위치 및 방향벡터에 대한 정보를 수신하는 단계, 상기 TN이 상기 TN과 상기 RN들 각각과의 접속시간을 계산하여 상기 RN들 각각의 이동성을 탐지하는 단계, 및 계산된 접속시간에 기초하여 상기 RN들 중 적어도 하나의 RN에 작업을 할당하는 단계를 포함한다.

명세서

발명의 명칭: 분산 에지 컴퓨팅 환경에서 작업 할당 방법

기술분야

[1] 본 발명은 분산 에지 컴퓨팅 환경에서 작업 할당 방법에 관한 것이다.

배경기술

[2] 스마트 모바일 장치들의 엄청난 증가로 인해 가상 현실(virtual reality, VR) 및 증강 현실(augmented reality, AR)과 같은 많은 지능적인 어플리케이션들이 등장하고 있다. 이러한 지능적인 어플리케이션들을 처리하기 위해서는 높은 에너지 소비와 함께 많은 계산 능력이 필요하다. 하지만 대부분의 스마트 모바일 장치들은 제한적인 계산 능력을 가지고 있기 때문에 모든 지능적인 어플리케이션들을 수행하기에는 시간 제약이 발생한다. 따라서, 현재 컴퓨팅 기술로는 지능적인 어플리케이션들을 한 개의 장치에서 모두 처리하는데 어려움이 있다.

[3] 이러한 문제를 해결하기 위해 주변에 분산된 스마트 모바일 장치들 사용해 병렬로 컴퓨팅을 수행하는 distributed edge computing(DEC)를 사용한다. DEC는 에지에 위치한 여러 가지 주변 장치들에서 많은 데이터를 동시에 병렬처리하기 때문에 하나의 장치에서 처리하는 것에 비해 큰 효율을 얻는다. 따라서, 여러 장치에서 많은 양의 데이터 트래픽 오프로드가 가능하게 되어 네트워크에서 발생하는 통신 시간 지연 문제를 해결한다. 또한, DEC는 분산된 장치들에서 서로 협력적으로 컴퓨팅을 수행한다. 이러한 결과로 여러 장치에서 계산 알고리즘을 병렬화하고, 계산 작업량을 분산하여 계산 지연시간을 크게 줄인다.

[4] 현재, DEC 환경에서 계산 작업을 분산화하는 연구는 대부분 정적 환경에서 이루어진다. 그러나, 최근 DEC 환경에서 스마트 모바일 장치의 출현으로 장치들은 이동성을 가진다. 따라서, 이동성이 있는 장치가 작업 할당을 수행하는 동적 환경을 고려하는 것이 중요하다. 장치들의 위치가 지속적으로 변한다는 것은 시스템 성능에 영향을 줄 수 있는 주요한 요인 중 하나이다. 이동성 관련 파라미터는 처리량 및 장치 간의 성능과 장치의 이용 여부 및 작업 할당 이득 등과 같은 전체 시스템 성능에 영향을 미친다.

[5] 현재 이동성을 다루는 작업 할당 연구들은 사람, 차량 및 무인 항공기 등과 같은 특정 도메인에 한정적이다. 특정 도메인에 대한 이동성 연구는 주로 이미 이동 경로가 정해진 이동성 모델을 사용하거나 예측된 경로로 이동성을 추측한다. 또한, 고정된 이동성 분포를 사용하여 고정된 이동성을 반영한다. 그러나, 이러한 연구들은 모두 정확한 장치들의 이동성을 알지 못한다. 사람, 차량, 또는 무인 항공기 등의 일반적인 이동성 도메인에서 각 장치의 이동성을 정확히 계산하는 것이 DEC 환경에서 작업 할당을 수행하는 데 있어서 중요하다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

[6] 본원 발명이 해결하고자 하는 과제는 이동성 도메인에서 각 장치의 이동성을 정확히 계산하여 분산 에지 컴퓨팅 환경에서 효율적으로 작업을 할당하는 방법을 제공하는 것이다.

기술적 해결방법

[7] 해결하고자 하는 과제를 달성하기 위하여 본 발명의 실시예들에 따른 분산 에지 컴퓨팅 환경에서 작업 할당 방법은 송신 노드(transmitting node, TN)가 복수의 수신 노드들(receiving nodes, RNs) 각각으로부터 현재위치 및 방향벡터에 대한 정보를 수신하는 단계, 상기 TN이 상기 RN들 각각과의 접속시간을 계산하여 상기 RN들 각각의 이동성을 탐지하는 단계, 및 계산된 접속시간에 기초하여 상기 RN들 중 적어도 하나의 RN에 작업을 할당하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[8] 본 발명의 실시예들에 따르면, 이동성이 있는 장치의 이동 경향성을 파악하여 안정적인 작업 할당 구현이 가능하다. 이동성이 있는 장치들의 현재 위치와 방향 벡터를 받아 접속시간을 구하고, 이를 통해 장치들의 이동성을 정확히 파악할 수 있다.

[9] 또한, 이동성 파악을 통해 할당할 작업의 양을 선택할 수 있고, 최적의 작업량을 할당하기 때문에 작업 할당에 걸리는 전체 지연시간을 줄일 수 있다. 따라서, 장치의 이동성을 고려하여 작업 할당을 하는데 걸리는 전체 지연시간을 단축시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[10] 본 발명의 상세한 설명에서 인용되는 도면을 보다 충분히 이해하기 위하여 각 도면의 상세한 설명이 제공된다.

[11] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 분산 에지 컴퓨팅 장치의 작업 할당 방법을 설명하기 위한 개략적인 도면이다.

[12] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 분산 에지 컴퓨팅 장치의 작업 할당 방법에서 접속시간의 계산을 설명하기 위한 개략적인 도면이다.

[13] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 분산 에지 컴퓨팅 장치의 작업 할당 방법에서 전체 지연시간을 설명하기 위한 개략적인 도면이다.

[14] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 분산 에지 컴퓨팅 장치의 작업 할당 방법에서, 장치들의 정렬 및 작업 할당을 설명하기 위한 개략적인 도면이다.

[15] 도 5는 종래 방법들과 본 발명의 일 실시예에 따른 분산 에지 컴퓨팅 장치의 작업 할당 방법에서, 작업 수에 따른 전체 지연시간 결과를 나타내는 그래프이다.

[16] 도 6은 종래 방법들과 본 발명의 일 실시예에 따른 분산 에지 컴퓨팅 장치의 작업 할당 방법에서, 작업 크기에 따른 전체 지연시간 결과를 나타내는 그래프이다.

발명의 실시를 위한 형태

[17] 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 형태들로 실시될 수 있으며 본 명세서에 설명된 실시예들에 한정되지 않는다.

[18] 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 변경들을 가할 수 있고 여러 가지 형태들을 가질 수 있으므로 실시예들을 도면에 예시하고 본 명세서에서 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 개념에 따른 실시예들을 특정한 개시 형태들에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.

[19] 제1 또는 제2 등의 용어는 다양한 구성 요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성 요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소로부터 구별하는 목적으로만, 예컨대 본 발명의 개념에 따른 권리 범위로부터 벗어나지 않은 채, 제1 구성 요소는 제2 구성 요소로 명명될 수 있고 유사하게 제2 구성 요소는 제1 구성 요소로도 명명될 수 있다.

[20] 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성 요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성 요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는 중간에 다른 구성 요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성 요소들 간의 관계를 설명하는 다른 표현들, 즉 "~사이에"와 "바로 ~사이에" 또는 "~에 이웃하는"과 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.

[21] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로서, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 본 명세서에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[22] 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.

[23] 이하, 본 명세서에 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 분산 에지 컴퓨팅 환경에서 작업 할당 방법을 상세히 설명한다. 그러나, 특허출원의 범위가 이러한 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.

[24]

[25] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 분산 에지 컴퓨팅 장치의 작업 할당 방법을 설명하기 위한 개략적인 도면이다.

[26] 도 1을 참조하면, 무선 네트워크로 연결된 DEC(distributed edge computing) 환경에서 하나의 송신 노드(transmitting node, TN)과 복수의 수신 노드들(receiving nodes, RNs)로 구성된다. TN 및 RN들 각각은 랜덤 속도와 방향을 가지고 움직인다고 가정한다.

[27] 무선 네트워크 환경에서 노드들의 집합, 즉 장치 세트는 $E = e_0, e_1, ..., e_i, ..., e_M$으로 표시될 수 있다. 여기에서 e_0은 수행할 작업을 할당하는 TN 이고, e_1 내지 e_M은 할당된 작업을 계산하는 RN들이다. 총 장치의 개수는 M+1이다. TN과 RN은 GPS 시스템을 통해 각 장치의 위치 정보를 가지고 있다고 가정한다. TN과 RN 간의 링크는 Wi-Fi와 같은 무선 연결이다. TN인 e_0은 적어도 하나의 RN의 현재 위치 및 방향 벡터 정보를 수신하여 테이블로 관리할 수 있다. 이를 통해, TN은 RN의 방향 벡터를 통해 자신과 유사한 방향으로 움직이는 RN을 구별할 수 있다.

[28] TN은 제한된 시간 내에 처리할 수 없는 대량의 데이터를 RN에 병렬로 배포할 수 있다. 작업 오프로딩(task offloading)은 전송 범위 내에서 단일 홉 거리(single-hop distance)의 RN들만 고려한다. 특히, 작업을 여러 개의 독립적인 하위 작업으로 나눌 수 있는 병렬 알고리즘을 고려한다. 예를 들어, GPU 렌더링(GPU rendering)의 경우, 작업은 여러 개의 작은 하위 작업으로 나누어지고 각 하위 작업은 독립적으로 처리되며, 각 하위 작업의 크기는 동일할 수 있다. 요컨대, TN에는 여러 개의 독립적인 하위 작업이 있으며 RN들 각각은 TN으로부터 하위 작업을 수신하여 계산을 수행할 수 있다. TN은 동시에 여러 RN에 하위 작업을 할당할 수 있다. 작업 집합은 $T = t_1, ..., t_j, ..., t_N$으로 표시되며 t_j는 j 번째 하위 작업을 의미한다. 하위 작업의 총 개수는 N(N은 2 이상의 자연수)이다.

[29] 본 발명에서는 TN 및 RN들이 임의의 방향으로 이동하는 광범위한 동적 환경을 가정한다. RN들 중에서 TN과 이동 방향이 비슷한 RN은 반대의 경우보다 오랜 시간 동안 전송을 교환할 수 있다. 즉, TN과 같은 방향의 RN은 더 많은 작업 오프로딩을 수행할 수 있다. 따라서, TN은 각 RN과의 접촉 시간을 계산하여 오랜 시간 동안 통신할 수 있는 RN을 찾는다. 작업 오프로딩을 수행하는 시간이 비교적 짧기 때문에 DEC에서 TN 및 RN들 각각의 이동 방향은 크게 변경되지 않음을 가정한다.

[30] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 접촉 시간을 고정된 상수 값으로 계산하는

기존과는 달리, TN은 RN으로부터 현재 위치와 방향 벡터를 수신하여 접촉 시간을 계산한다. 계산된 접촉 시간을 통해 TN은 이동 방향이 자신에게 가까운 RN를 선택할 수 있다. 결국, 불안정한 RN에서 작업 오프로딩이 수행되는 경우 발생하는 실행 실패를 줄일 수 있다. 또한, 안정적인 RN에 작업 오프로딩을 수행하여 전체 지연시간을 줄일 수 있다.

[31] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 분산 에지 컴퓨팅 장치의 작업 할당 방법에서 접속시간의 계산을 설명하기 위한 개략적인 도면이다.

[32] 도 1 및 도 2를 참조하면, TN과 RN 간의 접촉 시간을 계산하고 접촉 시간은 τ로 표시된다. t-1 시간에서 t 시간까지, e_0의 위치는 (x_0^{t-1}, y_0^{t-1})에서 (x_0^{t}, y_0^{t}) 로 이동하고, e_i는 (x_i^{t-1}, y_i^{t-1})에서 (x_i^{t}, y_i^{t})로 이동한다. e_0 및 e_i의 방향 벡터는 하기와 같이 표시된다.

[33] $$\vec{E}_0^{t+\tau} = (x_0^d, y_0^d) = (x_0^t - x_0^{t-1}, y_0^t - y_0^{t-1})$$

[34] $$\vec{E}_i^{t+\tau} = (x_i^d, y_i^d) = (x_i^t - x_i^{t-1}, y_i^t - y_i^{t-1})$$

[35] e_0 및 e_i사이의 거리는 하기의 식 1과 같이 계산된다.

[36] [식 1]

[37] $$d = \sqrt{(\vec{E}_i^{t+\tau})^2 + (\vec{E}_0^{t+\tau})^2}$$

[38] 따라서, 장치 e_0와 e_i 간의 통신 접촉 시간 τ는 다음의 식 2와 같이 계산될 수 있다.

[39] [식 2]

[40] $$\tau \leq \frac{-(\lambda\mu+\delta\omega) \pm \sqrt{(\lambda^2+\delta^2)R^2 - (\lambda\omega-\mu\delta)^2}}{(\lambda^2+\delta^2)}$$

[41] 여기에서, λ, δ, μ 및 ω는 아래와 같다.

[42] $\lambda = x_i^d - x_0^d$, $\mu = x_i^t - x_0^t$

[43] $\delta = y_i^d - y_0^d$, $\omega = y_i^t - y_0^t$

[44] 더불어, TN은 접촉 시간을 계산하여 RN이 통신 범위 내에 머무를 수 있는 시간을 알아낼 수 있다.

[45] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 접속시간을 통해 이동성을 고려하면서도 작업을 처리하는데 있어서 발생하는 전체 지연시간을 줄이는 방법을 제안한다.

[46] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 분산 에지 컴퓨팅 장치의 작업 할당 방법에서 전체 지연시간을 설명하기 위한 개략적인 도면이다.

[47] 도 3을 참조하면, 전체 지연시간은 통신 지연시간과 계산 지연시간의 합으로 계산될 수 있다. 이때, 통신 지연시간은 TN이 RN에 작업을 할당하는데 걸리는 시간이며, 계산 지연시간은 RN이 할당된 모든 작업을 수행하는데 걸리는 시간이다. 이때, RN이 완료된 작업 결과를 TN으로 전송하는 시간은 상대적으로 적기 때문에 고려하지 않는다. 통신 지연시간은 TN이 할당된 작업을 RN으로

전송하는 전송률, 작은 작업의 크기, 및 할당 작업의 개수를 통해 계산될 수 있다. 일 예로, TN에서 i 번째 RN까지의 $\beta_{i,j}$ 하위 작업에 대한 통신 지연시간은 다음의 식3과 같이 표현된다.

[48] [식 3]

[49] $$D_i^t = \frac{s \cdot \sum_{j=1}^{N} \beta_{i,j}}{r_i}$$

[50] 여기서, r_i는 i 번째 RN에 대한 전송 속도(bit/sec)를 나타내고, j번째 하위 작업을 i번째 RN ($0 \le \beta_{i,j} \le 1$)에 할당하기 위한 결정 변수로 $\beta_{i,j}$를 표시한다.

[51] 한편, 계산 지연시간은 CPU clock의 속도, 프로세싱 밀도, 및 할당 작업의 개수를 통해 계산될 수 있다. 일 예로, RN에서 $\beta_{i,j}$ 하위 작업에 대한 계산 지연시간은 다음의 식4와 같이 표현된다.

[52] [식 4]

[53] $$D_i^e = \frac{s \cdot c_i \cdot \sum_{j=1}^{N} \beta_{i,j}}{f_i}$$

[54] 여기서 f_i는 CPU 클락 속도(CPU clock speed, cycles/sec)를 나타내고 c_i는 i 번째 RN에 필요한 처리 밀도(processing density, cycles/bit)를 나타낸다.

[55] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 분산 에지 컴퓨팅 장치의 작업 할당 방법에서, 장치들의 정렬 및 작업 할당을 설명하기 위한 개략적인 도면이다.

[56] 도 4를 참조하면, 접속시간 순서대로 RN들을 내림차순 정렬하여 작업을 할당할 수 있다. 상세하게 설명하면, 우선, TN은 접속시간 순서대로 RN들을 내림차순으로 정렬한다. 정렬된 순서대로 작업을 할당하기 전에 통신 지연시간과 계산 지연시간의 합인 전체 지연시간을 측정한다. 전체 지연시간이 접속시간보다 작은 경우에만 정렬된 순서대로 작업을 하나씩 할당한다. 이때, 전체 지연시간이 접속시간보다 길어지는 경우 해당 RN은 작업 할당을 제외한다. 결국, TN과 이동성이 비슷한 RN에게 더 많은 작업을 할당하여 통신 실패로 인한 작업 할당 실패가 없도록 한다. 이를 통해 TN과 이동성이 비슷한 안정적인 RN에게 작업을 많이 할당하고, 전체 지연시간을 최소화할 수 있다.

[57] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 이동성을 고려하여 전체 지연시간을 최소화할 수 있는 에지 장치를 선택하기 위하여, 최적의 작업 오프로딩 문제를 설계한다. 전체 지연시간 최소화에 초점을 맞춰 목적 함수를 다음의 식 5과 같이 공식화할 수 있다.

[58] [식 5]

[59] $$\min D_i = \min(\max \alpha_i \cdot (D_i^t + D_i^e))$$

[60] 여기에서, α_i는 i번째 RN으로 오프로딩하는 하위 작업에 대한 결정 변수이고($\alpha_i, \beta_{i,j} \in \{0,1\}$), RN에 할당된 하위 작업의 합계와 전체 하위 작업의 합계가

동일하다($\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N}\beta_{i,j}=N$). 또한, 하위 작업은 하나의 RN에만 할당되어야 하며($\sum_{j=1}^{N}\beta_{i,j}=1$), 장치 이동성을 고려하여 RN의 접촉 시간은 전체 지연시간보다 크거나 같아야 한다($\tau_i \geq D_i$). 마지막으로 전체 지연시간은 통신 지연시간과 계산 지연시간의 합이다($D_i=D_i^t+D_i^e$). 상술한 바와 같이, TN은 위 제약 조건을 만족하는 RN에게 하위 작업, 즉 태스크를 할당할 수 있다.

[61]

[62] 이하에서는, 종래 방법들 및 본 발명의 일 실시예에 따른 분산 에지 컴퓨팅 장치의 작업 할당 방법을 이용하여 작업을 수행할 때, 전체 지연시간을 살펴보기로 한다.

[63] 도 5는 종래 방법들과 본 발명의 일 실시예에 따른 분산 에지 컴퓨팅 장치의 작업 할당 방법에서, 작업 수에 따른 전체 지연시간 결과를 나타내는 그래프이고, 도 6은 종래 방법들과 본 발명의 일 실시예에 따른 분산 에지 컴퓨팅 장치의 작업 할당 방법에서, 작업 크기에 따른 전체 지연시간 결과를 나타내는 그래프이다.

[64] 도 5 및 도 6에서, MENSA은 본 발명의 일 실시예에 따른 분산 에지 컴퓨팅 환경에서 작업 할당 방법을 이용한 알고리즘이다. DISSA은 이동성이 없이 두 장치 간의 거리만 고려하여 작업을 할당하고, DELSA은 이동성 고려 없이 지연시간만 고려하여 작업을 할당하며, RANDOM은 랜덤으로 에지 장치를 선택해서 작업을 할당하고, LOCAL은 한 장치에서 모두 작업을 할당한 것이다.

[65] 도 5를 참조하면, MENSA가 다른 기법에 비해서 작업 수가 증가해도 전체 지연시간이 가장 적다는 것을 보여준다. MENSA에서는 이동성을 고려해 안정적인 장치에 많은 작업을 할당하였기 때문에 작업 수행 시 발생하는 통신 실패가 일어나지 않는다는 것을 알 수 있다. 이 때문에 더 빠른 시간 내에 작업 수행을 완료한다.

[66] 도 6을 참조하면, 작업 크기에 따른 전체 지연 시간의 결과이다. 작업 하나의 크기가 증가 할수록 총 지연 시간이 증가한다. MENSA의 경우 이동성을 고려하여 안정성이 있는 장치에 더 많은 작업을 할당하기 때문에 작업이 커짐에도 전체 지연 시간에 큰 영향을 받지 않는다. 반면 이동성이 없는 DISSA, DELSA, 및 RANDOM의 경우 이동성이 있는 장치가 중간에 통신 범위를 벗어나 작업 수행 실패가 발생한다. 따라서 작업 크기가 커지게 될 경우, 한 개의 작업을 수행하는데 더 많은 시간이 소요되고, 작업 수행 실패가 발생할 확률이 높아진다.

[67] 본 발명의 실시예들에 따르면, 이동성이 있는 장치의 이동 경향성을 파악하여 안정적인 작업 할당 구현이 가능하다. 이동성이 있는 장치들의 현재 위치와 방향

벡터를 받아 접속시간을 구하고, 이를 통해 장치들의 이동성을 정확히 파악할 수 있다. 또한, 이동성 파악을 통해 할당할 작업의 양을 선택할 수 있고, 최적의 작업량을 할당하기 때문에 작업 할당에 걸리는 전체 지연시간을 줄일 수 있다. 따라서, 장치의 이동성을 고려하여 작업 할당을 하는데 걸리는 전체 지연시간을 단축시킬 수 있다.

[68]

[69] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성 요소, 소프트웨어 구성 요소, 및/또는 하드웨어 구성 요소 및 소프트웨어 구성 요소의 집합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성 요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(Arithmetic Logic Unit), 디지털 신호 프로세서(Digital Signal Processor), 마이크로컴퓨터, FPA(Field Programmable 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(Operation System, OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 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 설명된 경우도 있지만, 해당 기술 분야에서 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.

[70] 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, 구성 요소(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.

[71] 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), 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.

[72] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성 요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성 요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 등록청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

청구범위

[청구항 1] 송신 노드(transmitting node, TN)가 복수의 수신 노드들(receiving nodes, RNs) 각각으로부터 현재위치 및 방향벡터에 대한 정보를 수신하는 단계;
상기 TN이 상기 TN과 상기 RN들 각각과의 접속시간을 계산하여 상기 RN들 각각의 이동성을 탐지하는 단계; 및
계산된 접속시간에 기초하여 상기 RN들 중 적어도 하나의 RN에 작업을 할당하는 단계를 포함하는 분산 에지 컴퓨팅 환경에서 작업 할당 방법.

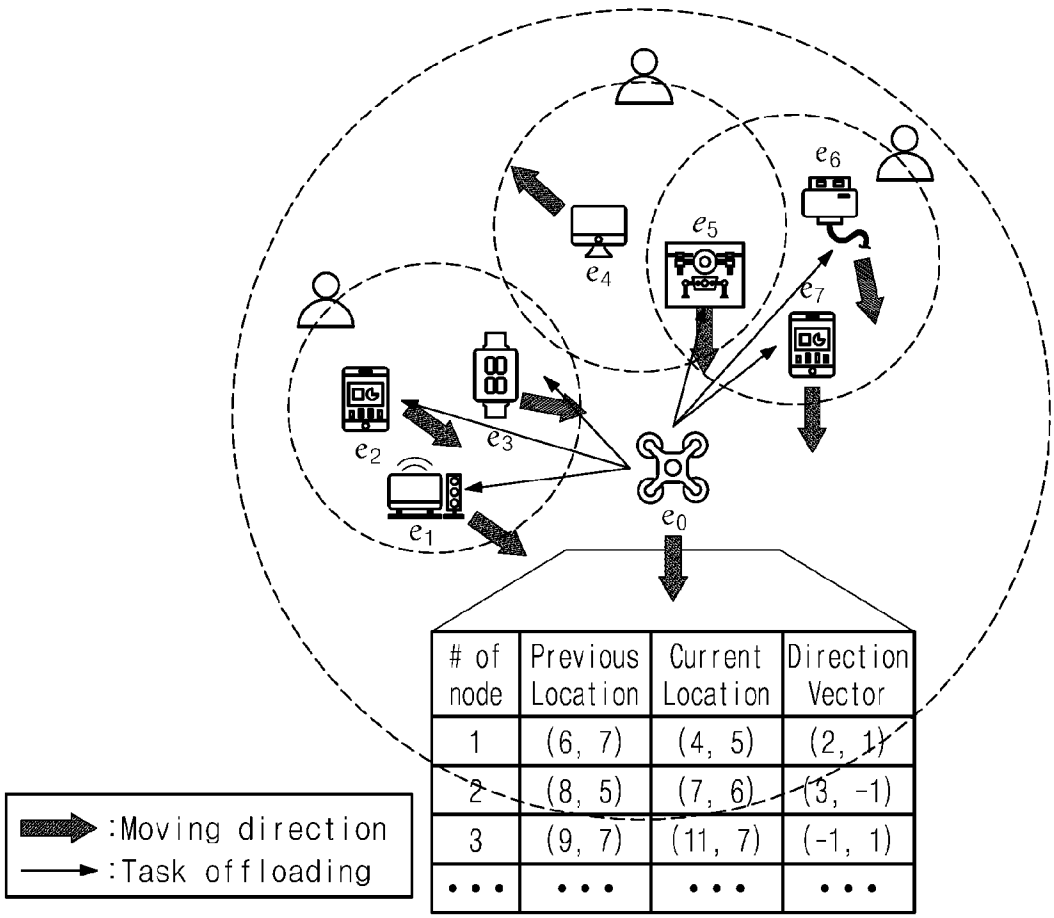
[청구항 2] 제1항에 있어서,
상기 적어도 하나의 RN에 작업을 할당하는 단계는 상기 RN들 중에서 상기 TN과 이동 방향이 유사한 RN에게 작업을 할당하는,
분산 에지 컴퓨팅 환경에서 작업 할당 방법.

[청구항 3] 제1항에 있어서,
상기 RN들은 상기 TN의 전송 범위 내에 위치하는,
분산 에지 컴퓨팅 환경에서 작업 할당 방법.

[청구항 4] 제1항에 있어서,
상기 RN들 각각의 이동성을 탐지하는 단계는,
상기 TN이 작업을 상기 RN에게 할당하는데 걸리는 통신 지연시간과 상기 작업이 할당된 RN이 작업을 수행하는데 걸리는 계산 지연시간을 더하여 전체 지연시간을 계산하는 단계를 포함하는,
분산 에지 컴퓨팅 환경에서 작업 할당 방법.

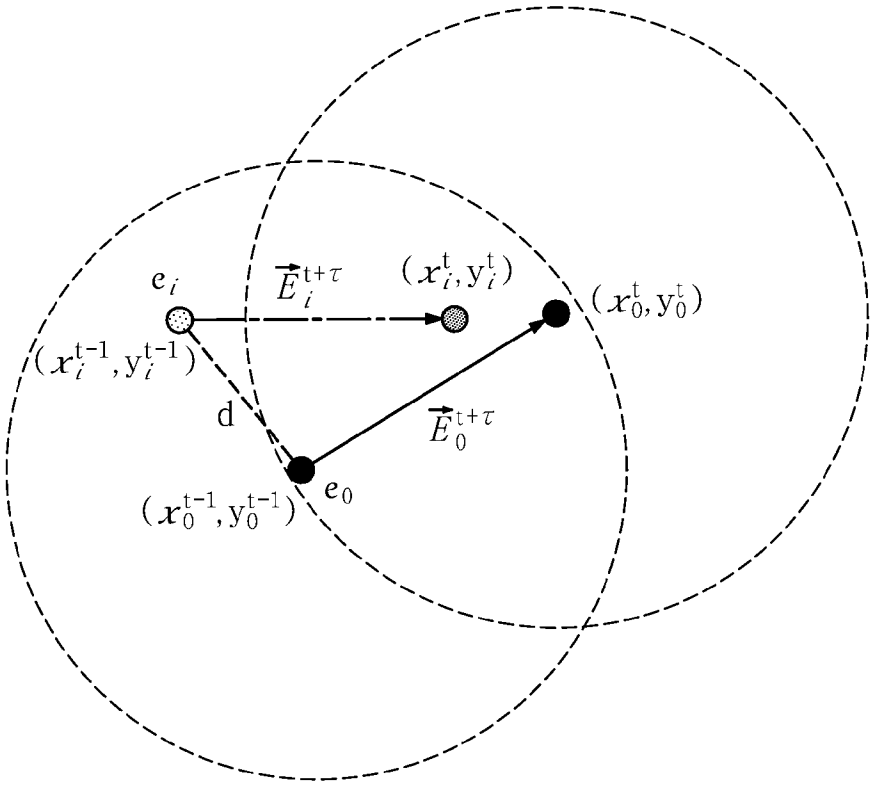
[청구항 5] 제4항에 있어서,
상기 RN들 중에서 접속시간보다 큰 전체 지연시간을 갖는 RN은 작업 할당에서 제외되는,
분산 에지 컴퓨팅 환경에서 작업 할당 방법.

[도1]

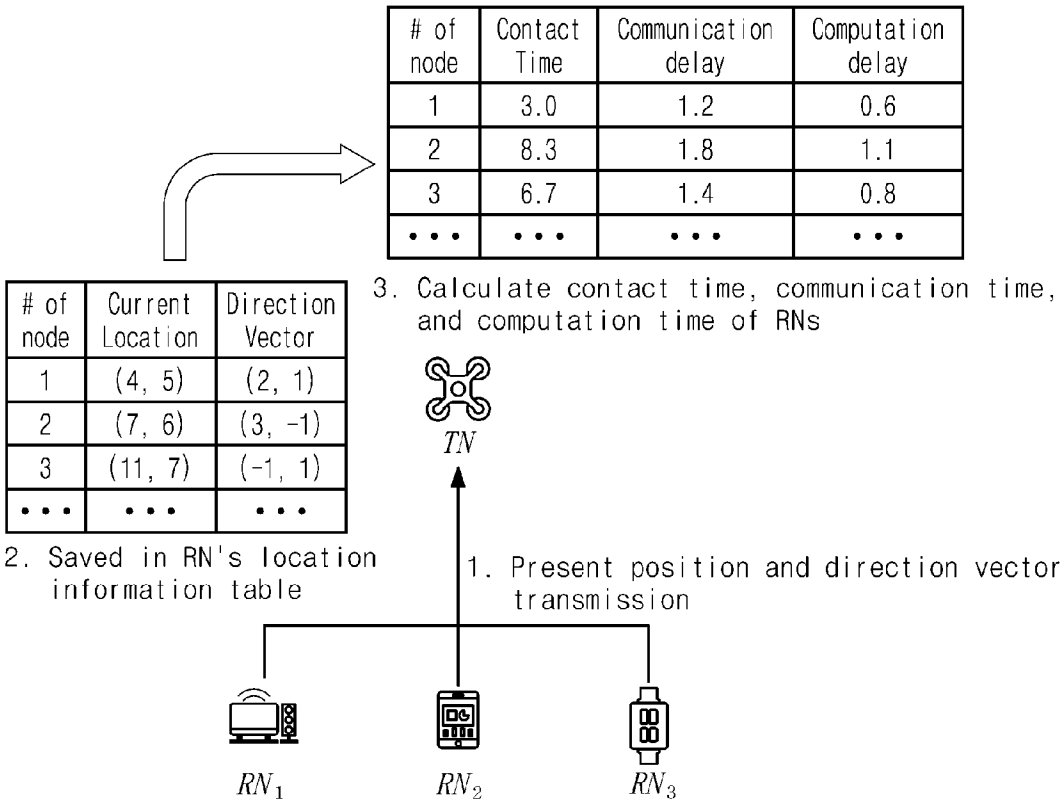


# of node	Previous Location	Current Location	Direction Vector
1	(6, 7)	(4, 5)	(2, 1)
2	(8, 5)	(7, 6)	(3, -1)
3	(9, 7)	(11, 7)	(-1, 1)
• • •	• • •	• • •	• • •

[도2]



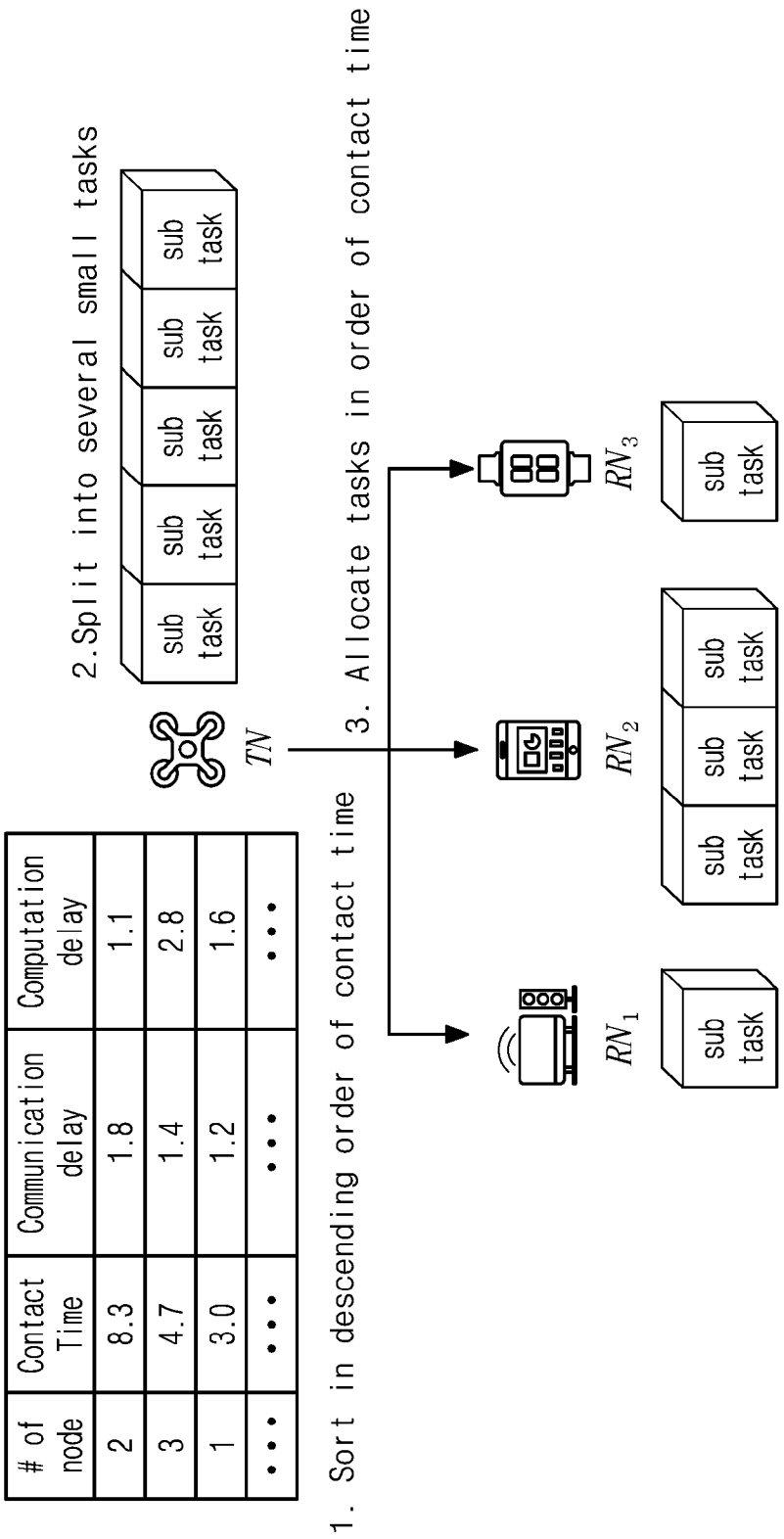
[도3]



# of node	Contact Time	Communication delay	Computation delay
1	3.0	1.2	0.6
2	8.3	1.8	1.1
3	6.7	1.4	0.8
• • •	• • •	• • •	• • •

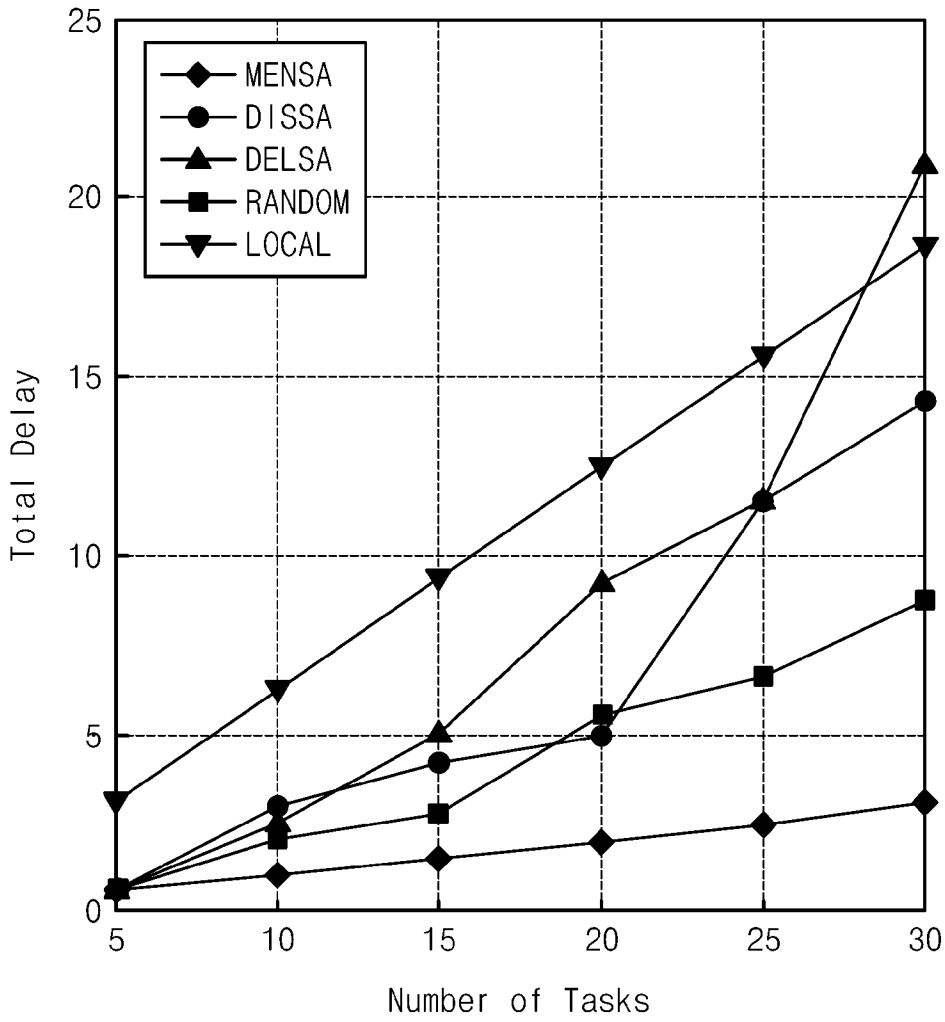
# of node	Current Location	Direction Vector
1	(4, 5)	(2, 1)
2	(7, 6)	(3, -1)
3	(11, 7)	(-1, 1)
• • •	• • •	• • •

[도4]

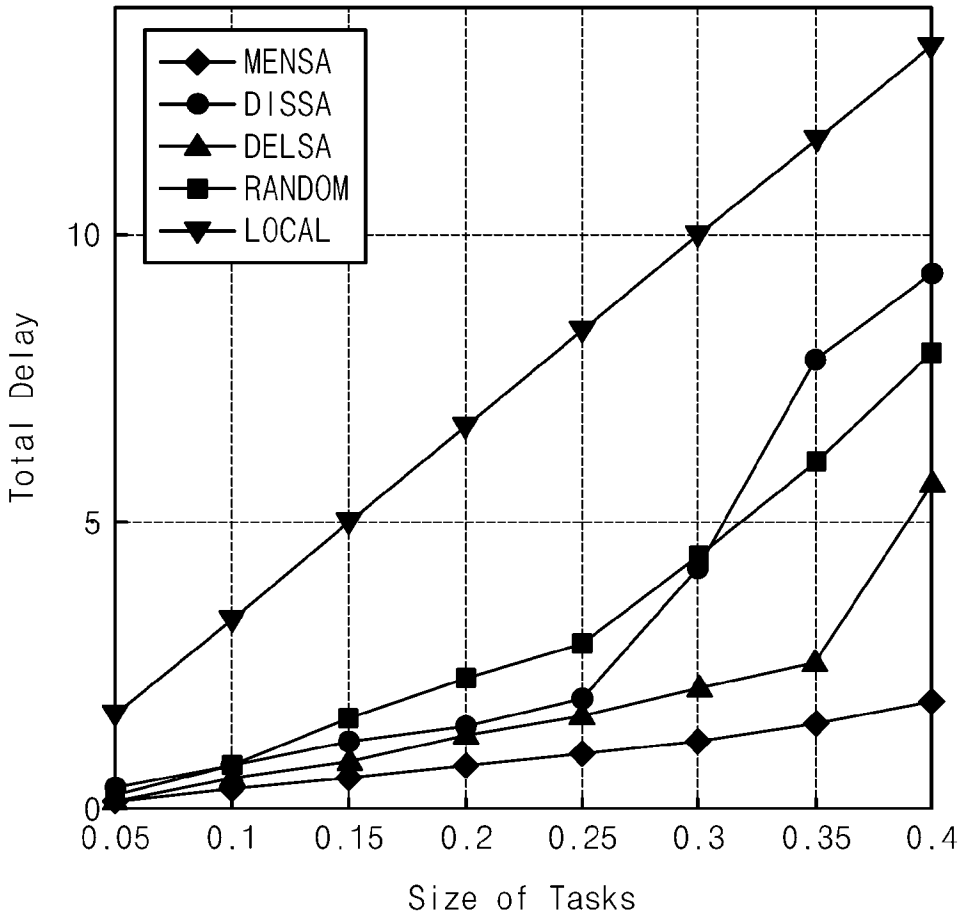


# of node	Contact Time	Communication delay	Computation delay
2	8.3	1.8	1.1
3	4.7	1.4	2.8
1	3.0	1.2	1.6
• • •	• • •	• • •	• • •

[도5]


MENSA
DISSA
DELSA
RANDOM
LOCAL
Total Delay
Number of Tasks
0
5
10
15
20
25
5
10
15
20
25
30

[도6]


MENSA
DISSA
DELSA
RANDOM
LOCAL
Total Delay
0
5
10
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
0.3
0.35
0.4
Size of Tasks

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/KR2021/001638

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06F 9/50(2006.01)i; **G06F 9/48**(2006.01)i; **H04L 29/08**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06F 9/50(2006.01); H04L 12/923(2013.01); H04L 29/08(2006.01); H04W 36/12(2009.01); H04W 8/26(2009.01)

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean utility models and applications for utility models: IPC as above
Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & keywords: 송신 노드(transmitting node, TN), 수신 노드(receiving nodes, RN), 현재 위치(current location), 방향 벡터(direction vector), 접속 시간(connection time), 작업(task), 지연(delay)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WEI, Hua et al. Mobility-Aware Service Caching in Mobile Edge Computing for Internet of Things. Sensors 2020. Volume 20, Issue 3, pp. 1-20, 22 January 2020. See pages 2, 6-7 and 17-18.	1-5
Y	WANG, Zi et al. User mobility aware task assignment for Mobile Edge computing. Future Generation Computer Systems. Volume 85, pp. 1-8, 16 March 2018. See pages 3-4 and 6.	1-5
A	US 2019-0141593 A1 (HON HAI PRECISION INDUSTRY CO., LTD. et al.) 09 May 2019 (2019-05-09) See paragraphs [0056], [0058] and [0244]-[0249]; and figures 1 and 25.	1-5
A	US 2020-0351336 A1 (VERIZON PATENT AND LICENSING INC.) 05 November 2020 (2020-11-05) See paragraphs [0039]-[0065] and [0082]-[0087]; and figures 3-4 and 7.	1-5
A	US 2020-0076875 A1 (INTEL IP CORPORATION) 05 March 2020 (2020-03-05) See claims 2-3 and 5.	1-5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"D" document cited by the applicant in the international application
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
04 August 2021	**04 August 2021**

Name and mailing address of the ISA/KR	Authorized officer
Korean Intellectual Property Office **Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsa-ro, Seo-gu, Daejeon 35208**	
Facsimile No. **+82-42-481-8578**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/KR2021/001638

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US 2019-0141593 A1	09 May 2019	CN 109756903 A	14 May 2019
		TW 201919419 A	16 May 2019
		TW I669007 B	11 August 2019
		US 10660003 B2	19 May 2020
US 2020-0351336 A1	05 November 2020	None	
US 2020-0076875 A1	05 March 2020	US 10440096 B2	08 October 2019
		US 2018-0183855 A1	28 June 2018

국 제 조 사 보 고 서

국제출원번호
PCT/KR2021/001638

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

G06F 9/50(2006.01)i; **G06F 9/48**(2006.01)i; **H04L 29/08**(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

G06F 9/50(2006.01); H04L 12/923(2013.01); H04L 29/08(2006.01); H04W 36/12(2009.01); H04W 8/26(2009.01)

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC
일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 송신 노드(transmitting node, TN), 수신 노드(receiving nodes, RN), 현재 위치(current location), 방향 벡터(direction vector), 접속 시간(connection time), 작업(task), 지연(delay)

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	HUA WEI 등, `Mobility-Aware Service Caching in Mobile Edge Computing for Internet of Things`, Sensors 2020, Volume 20, Issue 3, pp. 1-20, 2020.01.22 페이지 2, 6-7, 17-18	1-5
Y	ZI WANG 등, `User mobility aware task assignment for Mobile Edge computing`, Future Generation Computer Systems, Volume 85, pp. 1-8, 2018.03.16 페이지 3-4, 6	1-5
A	US 2019-0141593 A1 (HON HAI PRECISION INDUSTRY CO., LTD. 등) 2019.05.09 단락 [0056], [0058], [0244]-[0249]; 및 도면 1, 25	1-5
A	US 2020-0351336 A1 (VERIZON PATENT AND LICENSING INC.) 2020.11.05 단락 [0039]-[0065], [0082]-[0087]; 및 도면 3-4, 7	1-5
A	US 2020-0076875 A1 (INTEL IP CORPORATION) 2020.03.05 청구항 2-3, 5	1-5

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☑ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

"A" 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌
"D" 본 국제출원에서 출원인이 인용한 문헌
"E" 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌
"L" 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌
"O" 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌
"P" 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌
"T" 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌
"X" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.
"Y" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.
"&" 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

국제조사의 실제 완료일	국제조사보고서 발송일
2021년08월04일(04.08.2021)	**2021년08월04일(04.08.2021)**

ISA/KR의 명칭 및 우편주소	심사관
대한민국 특허청 **(35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사)**	**김성희**
팩스 번호 **+82-42-481-8578**	전화번호 **+82-42-481-3516**

서식 PCT/ISA/210 (두 번째 용지) (2019년 7월)

국 제 조 사 보 고 서
대응특허에 관한 정보

국제출원번호
PCT/KR2021/001638

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
US 2019-0141593 A1	2019/05/09	CN 109756903 A	2019/05/14
		TW 201919419 A	2019/05/16
		TW I669007 B	2019/08/11
		US 10660003 B2	2020/05/19
US 2020-0351336 A1	2020/11/05	없음	
US 2020-0076875 A1	2020/03/05	US 10440096 B2	2019/10/08
		US 2018-0183855 A1	2018/06/28