(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년12월29일
(11) 등록번호 10-1813807
(24) 등록일자 2017년12월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04W 40/32 (2009.01) *H04W 40/10* (2009.01)
H04W 40/22 (2009.01)
(52) CPC특허분류
H04W 40/32 (2013.01)
H04W 40/10 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0144360
(22) 출원일자 2016년11월01일
심사청구일자 2016년11월01일
(56) 선행기술조사문헌
KR101472690 B1
KR1020090017201 A
KR1020090095410 A

(73) 특허권자
이화여자대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)
(72) 발명자
이숙영
경기도 광명시 오리로 801, 301동 1701호 (하안동, e편한세상센트레빌아파트)
이미정
서울특별시 용산구 이촌로 347, 15동 507호 (서빙고동, 신동아아파트)
(74) 대리인
특허법인(유한)아이시스

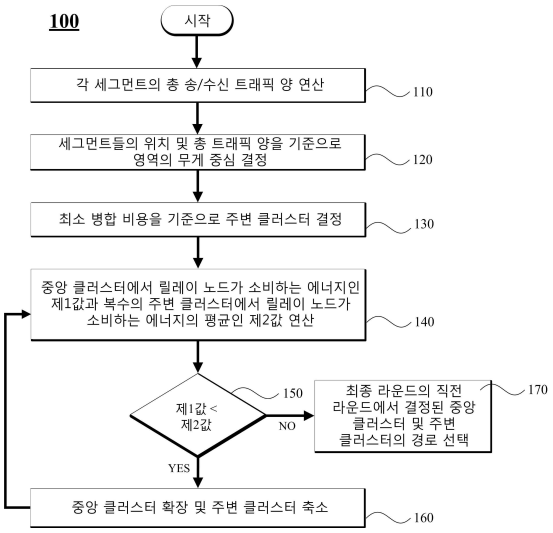
전체 청구항 수 : 총 6 항 심사관 : 황운철

(54) 발명의 명칭 **네트워크 세그먼트를 위한 릴레이 노드의 이동 경로 결정 방법**

(57) 요 약

네트워크 세그먼트를 위한 릴레이 노드의 이동 경로 결정 방법은 컴퓨터 장치가 세그먼트 사이에서 교환되는 트래픽 및 상기 세그먼트의 위치를 기준으로 세그먼트들의 무게 중심을 결정하는 단계, 상기 컴퓨터 장치가 상기 무게 중심을 중심으로 k-1개의 주변 클러스터를 결정하는 단계, 상기 컴퓨터 장치가 상기 무게 중심을 포함하는 중앙 클러스터를 방문하는 제1 릴레이 노드가 소비하는 에너지인 제1값과 상기 k-1 개의 주변 클러스터 각각을 방문하는 제2 릴레이 노드가 소비하는 에너지의 평균값인 제2값을 기준으로 상기 중앙 클러스터 및 상기 주변 클러스터를 조정하는 단계를 포함한다. 상기 세그먼트는 하나의 연결된 네트워크에 해당하고, 상기 릴레이 노드가 소비하는 에너지는 릴레이 노드가 이동하는데 소비하는 에너지 및 통신하는데 소비하는 에너지를 합산한 값이다.

대 표 도 - 도6



(52) CPC특허분류
H04W 40/22 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2015R1D1A1A01057095
부처명 교육부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 기초연구사업(학술진흥)-이공학개인기초연구지원사업-기본연구
연구과제명 k개의 모바일데이터콜렉터를 이용하여 구조적으로 분할된 무선센서네트워크를 신속한 정보 전달 및 내구성을 갖춘 토폴로지로 복구하는 최적화 방안연구
기 여 율 1/2
주관기관 이화여자대학교 산학협력단
연구기간 2015.11.01 ~ 2018.10.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 B0126-16-1051
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터
연구사업명 정보통신방송산업진흥-정보통신융합원천기술-USN산업융합원천기술개발-방송통신산업기술개발
연구과제명 초연결 자율형 IoT 서비스 지향 네트워크 인프라 기술 연구
기 여 율 1/2
주관기관 서강대학교 산학협력단
연구기간 2015.03.01 ~ 2018.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

컴퓨터 장치가 세그먼트 사이에서 교환되는 트래픽 및 상기 세그먼트의 위치를 기준으로 세그먼트들의 무게 중심을 결정하는 단계;

상기 컴퓨터 장치가 상기 무게 중심을 중심으로 k-1개의 주변 클러스터를 결정하는 단계;

상기 컴퓨터 장치가 상기 무게 중심을 포함하는 중앙 클러스터를 방문하는 제1 릴레이 노드가 소비하는 에너지인 제1값과 상기 k-1 개의 주변 클러스터 각각을 방문하는 제2 릴레이 노드가 소비하는 에너지의 평균값인 제2값을 기준으로 상기 중앙 클러스터 및 상기 주변 클러스터를 조정하는 단계를 포함하되,

상기 세그먼트는 하나의 연결된 네트워크에 해당하고, 각 릴레이 노드가 소비하는 에너지는 이동에 소비하는 에너지 및 통신에 소비하는 에너지를 포함하는 네트워크 세그먼트를 위한 릴레이 노드의 이동 경로 결정 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 주변 클러스터를 결정하는 단계는

상기 컴퓨터 장치가 상기 복수의 세그먼트 중 상기 무게 중심에 해당하는 세그먼트를 제외한 나머지 세그먼트 각각에 대해 상기 무게 중심과 상기 나머지 세그먼트를 포함하는 복수의 주변 클러스터를 결정하는 단계; 및

상기 컴퓨터 장치가 상기 복수의 주변 클러스터 중 병합하는 비용이 가장 적은 주변 클러스터 쌍을 병합하는 단계를 포함하되, 상기 컴퓨터 장치는 k-1 개의 주변 클러스터가 생성될 때까지 상기 병합하는 단계를 반복하는 네트워크 세그먼트를 위한 릴레이 노드의 이동 경로 결정 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 컴퓨터 장치는 아래의 수식을 이용하여 상기 비용을 연산하는 네트워크 세그먼트를 위한 릴레이 노드의 이동 경로 결정 방법.

$$MC(C_i, C_j) = Energy(C_i + C_j + mG) - Energy(C_i + mG)$$

($MC(C_i, C_j)$는 주변 클러스터 쌍 (C_i , C_j)에 대한 병합 비용, mG는 상기 무게 중심, Energy는 괄호안의 클러스터를 방문하는 릴레이 노드가 소비하는 에너지임)

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 조정하는 단계는

상기 컴퓨터 장치가 상기 k-1 개의 주변 클러스터 각각에 대해 상기 주변 클러스터를 담당하는 제2 릴레이 노드가 이동하는 닫힌 경로가 구성하는 주변 클러스터의 무게 중심을 결정하는 단계;

상기 컴퓨터 장치가 상기 k-1 개의 주변 클러스터 각각에 대해 상기 k-1 개의 주변 클러스터에서 각 제2 릴레이 노드가 소비하는 에너지를 기준으로 상기 각 제2 릴레이 노드가 상기 제1 릴레이 노드를 만나는 지점을 변경하는 단계; 및

상기 컴퓨터 장치가 상기 k-1 개의 주변 클러스터 각각에 대해 변경된 상기 지점을 기준으로 상기 제2 릴레이 노드가 이동하는 경로를 갱신하는 단계를 포함하는 네트워크 세그먼트를 위한 릴레이 노드의 이동 경로 결정 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 컴퓨터 장치는 상기 제1값이 상기 제2값보다 작은 경우 상기 지점을 변경하는 네트워크 세그먼트를 위한 릴레이 노드의 이동 경로 결정 방법.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 컴퓨터 장치는 상기 k-1 개의 주변 클러스터에 대한 상기 지점을 연결하는 경로를 상기 제1 릴레이 노드에 대한 경로로 결정하는 단계를 더 포함하는 네트워크 세그먼트를 위한 릴레이 노드의 이동 경로 결정 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 이하 설명하는 기술은 이동하는 릴레이 노드의 경로를 결정하는 기법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 무선 센서 네트워크(wireless sensor network, WSN)는 센서 노드들이 통신 거리 내에 서로 인접하게 배치되어 하나의 연결된 네트워크를 구성한다. 무선 센서 네트워크는 인접한 센서노드들 간의 무선 통신 네트워크를 이용하여 소스 노드(source node)가 수집한 정보를 중간 노드들을 경유하여 타켓 노드(target node)로 전송한다. 따라서 무선 센서 네트워크에서는 센서 노드 간의 연결성(connectivity)이 보장되어야 한다.

선행기술문헌

비특허문헌

[0003] (비특허문헌 0001) B. Hao, H. Tang, and G. Xue, "Fault-tolerant relay node placement in wireless sensor networks: formulation and approximation," Proc. the Workshop on High Perf. Switching and Routing, Phoenix, AZ, 2004

(비특허문헌 0002) J. Tang, B. Hao, and A. Sen, "Relay Node Placement in Large Scale Wireless Sensor Networks", Computer Comm., special issue on wireless sensor networks, Vol. 29. pp. 490-501, 2006.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 이하 설명하는 기술은 분할된 네트워크에서 이동하는 릴레이 노드를 사용하여 정보를 전달하는 기법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0005] 네트워크 세그먼트를 위한 릴레이 노드의 이동 경로 결정 방법은 컴퓨터 장치가 세그먼트 사이에서 교환되는 트래픽 및 상기 세그먼트의 위치를 기준으로 세그먼트들의 무게 중심을 결정하는 단계, 상기 컴퓨터 장치가 상기 무게 중심을 중심으로 k-1개의 주변 클러스터를 결정하는 단계, 상기 컴퓨터 장치가 상기 무게 중심을 포함하는 중앙 클러스터를 방문하는 제1 릴레이 노드가 소비하는 에너지인 제1값과 상기 k-1 개의 주변 클러스터 각각을 방문하는 제2 릴레이 노드가 소비하는 에너지의 평균값인 제2값을 기준으로 상기 중앙 클러스터 및 상기 주변 클러스터를 조정하는 단계를 포함한다. 상기 세그먼트는 하나의 연결된 네트워크에 해당하고, 상기 릴레이 노드가 소비하는 에너지는 릴레이 노드가 이동하는데 소비하는 에너지 및 통신하는데 소비하는 에너지이다.

발명의 효과

[0006] 이하 설명하는 기술은 한정된 개수의 릴레이 노드를 이용하여 분할된 네트워크 사이에서 정보를 전달할 수 있다. 또한 이하 설명하는 기술은 각 릴레이 노드가 사용하는 에너지를 최대한 균등하게하여 릴레이 노드가 장시간 동안 중계 서비스를 수행한다.

도면의 간단한 설명

[0007] 도 1은 복수의 네트워크에서 릴레이 노드를 이용하여 정보를 전달하는 예이다.

도 2는 복수의 세그먼트가 위치하는 영역을 도시한 예이다.

도 3은 복수의 세그먼트에 대한 무게 중심의 위치를 결정하는 과정에 대한 예이다.

도 4는 복수의 세그먼트에 대한 주변 클러스터를 결정하는 과정에 대한 예이다.

도 5는 중앙 클러스터를 형성하는 과정에 대한 예이다.

도 6은 분할된 네트워크를 위한 릴레이 노드의 이동 경로 결정 방법에 대한 순서도의 예이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0008] 이하 설명하는 기술은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시례를 가질 수 있는 바, 특정 실시례들을 도면에 예시하고 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 이하 설명하는 기술을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 이하 설명하는 기술의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0009] 제1, 제2, A, B 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 해당 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되지는 않으며, 단지 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 이하 설명하는 기술의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. 및/또는 이라는 용어는 복수의 관련된 기재된 항목들의 조합 또는 복수의 관련된 기재된 항목들 중의 어느 항목을 포함한다.

[0010] 본 명세서에서 사용되는 용어에서 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 해석되지 않는 한 복수의 표현을 포함하는 것으로 이해되어야 하고, "포함한다" 등의 용어는 이하 설명되는 특징, 개수, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 의미하는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 개수, 단계 동작 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0011] 도면에 대한 상세한 설명을 하기에 앞서, 본 명세서에서의 구성부들에 대한 구분은 각 구성부가 담당하는 주기능 별로 구분한 것에 불과함을 명확히 하고자 한다. 즉, 이하에서 설명할 2개 이상의 구성부가 하나의 구성부로 합쳐지거나 또는 하나의 구성부가 보다 세분화된 기능별로 2개 이상으로 분화되어 구비될 수도 있다. 그리고 이하에서 설명할 구성부 각각은 자신이 담당하는 주기능 이외에도 다른 구성부가 담당하는 기능 중 일부 또는 전부의 기능을 추가적으로 수행할 수도 있으며, 구성부 각각이 담당하는 주기능 중 일부 기능이 다른 구성부에 의해 전담되어 수행될 수도 있음은 물론이다.

[0012] 또, 방법 또는 동작 방법을 수행함에 있어서, 상기 방법을 이루는 각 과정들은 문맥상 명백하게 특정 순서를 기재하지 않은 이상 명기된 순서와 다르게 일어날 수 있다. 즉, 각 과정들은 명기된 순서와 동일하게 일어날 수도 있고 실질적으로 동시에 수행될 수도 있으며 반대의 순서대로 수행될 수도 있다.

[0014] 이하 설명하는 기술은 소스 노드가 정보를 복수의 중계 노드를 통해 타겟 노드로 정보를 전달하는 네트워크를 연결(복구)하기 위한 것이다. 소스 노드는 클라이언트 장치, 센서 장치, IoT 디바이스 등을 포함할 수 있다. 타겟 노드는 사용자 단말, PC, 서버, 게이트웨이, AP(access point) 등을 포함할 수 있다. 예컨대, 이하 설명하는 기술은 무선 센서 네트워크를 복구하는데 사용할 수 있다. 일반적으로 무선 센서 네트워크에서 센서 노드는 정보를 수집하는 동시에 정보를 전달하는 중계기 역할을 수행한다. 설명의 편의를 위해 이하 무선 센서 네트워크를 기준으로 설명한다.

[0015] 이하 설명하는 기술은 무선 센서 네트워크에 장애가 발생하여 복수의 개별 네트워크로 나누어진 상태를 전제한다. 무선 센서 네트워크에서는 하나의 노드가 에너지 부족 등의 이유로 망으로부터 분리되어 연결이 끊어질 수 있다. 무선 센서 네트워크에서는 천재 지변, 폭발과 같은 물리력 등의 이유로 인접한 다중의 노들이 동시에 통

신 기능을 상실할 수 있다. 이 경우 하나의 무선 센서 네트워크는 복수의 개별 네트워크로 나누어진다. 그래프(graph) 형태의 자료구조로 보면, 연결된 하나의 그래프가 복수의 세그먼트(disjoint segment)로 분할된 형태이다.

[0016] 이하 설명하는 기술은 연결이 끊어진 무선 센서 네트워크를 복구하기 위하여 복수의 세그먼트들을 릴레이 노드(relay node)로 연결하기 위한 것이다. 이하 설명하는 기술은 이동형 릴레이 노드를 사용하여 네트워크를 복구한다. 이하 설명하는 기술은 네트워크를 복구하는데 필요한 고정형 릴레이 노드의 개수보다 적은 이동형 릴레이 노드를 사용하여 네트워크를 복구한다. 이동형 릴레이 노드는 자동차, 로봇, 드론(drone), 무인 비행체(UAV) 등의 형태로 구현될 수 있다. 이하 릴레이 노드는 이동형 릴레이 노드를 전제로 한다.

[0017] 이하 설명하는 기술은 네트워크를 복구하기 위한 릴레이 노드의 위치 내지 경로를 결정하는 기법이다. 이하 컴퓨터 장치가 릴레이 노드의 위치 내지 경로를 연산한다고 설명한다. 컴퓨터 장치는 네트워크에 연결된 서버, 네트워크를 구성하는 어느 하나의 노드, 재난 구호를 위한 중앙 시스템, 개인 PC 등일 수 있다.

[0019] 도 1은 복수의 네트워크에서 릴레이 노드를 이용하여 정보를 전달하는 예이다. 도 1은 5개의 개별 네트워크(A, B, C, D 및 E)를 도시한다. 개별 네트워크는 서로 정보를 전달할 수 없는 상태이다. 개별 네트워크는 원래 하나의 네트워크가 장애 또는 재난 등으로 독립된 네트워크일 수 있다. 또는 개별 네트워크는 본래 서로 다른 네트워크일 수도 있다. 개별 네트워크는 릴레이 노드를 이용하여 서로 정보를 전달할 수 있다. 도 1에서 개별 네트워크 A는 릴레이 노드를 이용하여 개별 네트워크 C로 정보를 전송한다. 전술한 바와 같이 릴레이 노드는 이동형 릴레이 노드를 의미한다. 도 1에서 릴레이 노드는 이동가능한 로봇을 예로 도시한다. 릴레이 노드 주변에 도시한 원은 릴레이 노드의 통신 반경(range)을 의미한다. 각 개별 네트워크는 릴레이 노드를 하나씩 이용하여 정보를 다른 개별 네트워크에 전달한다고 가정한다. 또한 설명의 편의를 위해 개별 네트워크는 하나의 전체 네트워크가 복수의 네트워크로 분할된 상태라고 가정한다. 또한 분할된 네트워크를 세그먼트라고 명명하여 설명한다.

[0021] 도 2는 복수의 세그먼트가 위치하는 영역을 도시한 예이다. 세그먼트는 복수의 센서 노드를 포함한다. 하나의 세그먼트는 내부적으로 센서 노드로 연결된 통신 가능한 영역에 해당한다. 따라서 각 세그먼트는 2차원 평면 상에서 다양한 모양을 가질 수 있다. 다만 이하 설명의 편의를 위해 각 세그먼트를 동심원으로 표현하고, 동심원에 각 세그먼트에 대한 식별자를 표시한다. 도 2(a)는 12개의 세그먼트(세그먼트 A 내지 세그먼트 L)를 도시한다. 도 2(a)는 최외각 세그먼트를 연결하여 하나의 다각형(convex hull)을 도시하였다. 도 2(a)에서 G로 표기한 지점을 다각형의 무게 중심점에 해당한다.

[0022] 컴퓨터 장치는 복수의 세그먼트를 각각 복수의 클러스터(cluster)로 그룹화한다. 각 클러스터는 개별 릴레이 노드가 이동하는 영역에 해당한다. 컴퓨터 장치는 복수의 세그먼트를 별 모양의 토폴로지를 갖는 클러스터로 그룹화한다. 도 2(b)는 별 모양의 토폴로지를 갖는 클러스터에 대한 하나의 예이다. 별 모양 토폴로지에서 중앙에 위치한 클러스터를 중앙 클러스터라고 명명하고, 중앙 클러스터에 연결된 클러스터를 주변 클러스터라고 명명한다. 중앙 클러스터는 기하학적으로 복수의 세그먼트가 위치한 영역의 중심에 위치하지 않을 수 있다. 도 2(b)는 중심점 G를 포함하는 중앙 클러스터 C_5와 중심점 G와 함께 다른 세그먼트를 포함하는 주변 클러스터 C_1 내지 C_4를 도시하였다.

[0024] 하나의 릴레이 노드는 각 클러스터에서 일정한 경로를 이동하면서 세그먼트 사이에서 정보를 교환한다. 릴레이 노드는 세그먼트 사이에서 일종의 게이트웨이 역할을 한다. 이하 릴레이 노드가 소비하는 에너지를 설명한다.

[0025] n개의 세그먼트는 집합 S_T을 구성한다. $S_T = \{S_1, S_2, \ldots, S_n\}$이다. 여기서 $n > 2$이다. 릴레이 노드 집합은 $M = \{M_1, M_2, \ldots, M_k\}$이다. 이하 릴레이 노드는 k개라고 가정한다. 컴퓨터 장치는 세그먼트들을 k개의 클러스터 C_i로 그룹화한다. 여기서 $i = 1, \ldots, k$이다. 어느 하나의 릴레이 노드 M_i는 어느 하나의 클러스터 C_i를 담당한다. 릴레이 노드 M_i는 클러스터 C_i에 속한 복수의 세그먼트들을 방문하는 일정한 경로 $TR(M_i)$를 이동한다. 따라서, $TR(M_i)$는 복수의 좌표 리스트일 수 있다. 릴레이 노드 M_i는 $TR(M_i)$를 구성하는 특정되는 지점에서 인접한 센서 노드로부터 정보를 수신하거나 인접한 센서 노드로 정보를 전달한다. 이를 통해 릴레이 노드 M_i는 클러스터 C_i에 속한 세그먼트들 사이에 정보를 전달하게 된다. 어느 하나의 클러스터 C_1를 담당하는 릴레이 노드 M_1는 다른 클러스터 C_2를 담당하는 릴레이 노드 M_2를 특정한 지점에서 만나서 정보를 교환한다. 릴레이 노드 M_1는 릴레이 노드 M_2를 만나 정보를 교환할 수 있는 시점까지 특정한 지점에서 대기한다고 가정한다. 한편 $TR(M_i)$는 다양한 알고리즘을 통해 결정될 수 있다. 컴퓨터 장치는 릴레이 노드의 통신 가능 거리를 고려하여 최대한 이동 경로가

적은 TR(M_i)를 결정하는 것이 바람직하다.

[0027] 릴레이 노드 M_i가 세그먼트 S_S에서 S_D로 정보를 전달한다고 가정한다. 이 경우 일정한 지연(delay)가 발생할 수 있다. 아래의 수학식 1은 이 과정에서 발생하는 지연 $D(S_s,S_d)$을 연산한 것이다.

수학식 1

$$D(S_s, S_d) = D_T(Trip_{s,d}) + \sigma D_C(Data_{s,d}) + D_R(ht_{s,d})$$

$$= \left(\frac{1}{V_M} \cdot Trip_{s,d}\right) + \left(\frac{\sigma}{B_M} \cdot Data_{s,d}\right) + (ht_{s,d})$$

[0029]

[0030] 수학식 1에서 D_T는 릴레이 노드가 세그먼트 S_S에서 S_D로 이동하는 과정에서 발생하는 지연 시간(trip latency)이다. D_T는 세그먼트 S_S과 S_D 사이의 경로 거리인 $Trip_{s,d}$ 와 릴레이 노드의 이동 속도 V_M에 따라 결정된다. 설명의 편의를 위해 이하 릴레이 노드의 이동 속도 V_M는 동일하다고 가정한다.

[0031] D_C는 릴레이 노드가 정보를 수신하고 송신하는 과정에서 발생하는 지연 시간(transmission latency)이다. D_C는 S_S과 S_D 에서 전달되는 정보의 양인 $Data_{s,d}$ 및 전송률인 B_M에 따라 결정된다. σ는 정보가 하나 이상의 세그먼트를 거쳐 전달되는 경우에 대한 상수값이다. 예컨대, S_S과 S_D 이 동일한 클러스터에 속한다면 σ는 1일 수 있다. 전술한 바와 같이 별 모양 토폴로지를 전제로하여 S_S과 S_D 중 어느 하나가 중앙 클러스터에 속한다면 σ는 2일 수 있다. S_S과 S_D 가 중앙 클러스터가 아니고 서로 다른 클러스터라면 σ는 3일 수 있다.

[0032] S_S가 제1 클러스터 C_1에 속하고, S_D 가 제2 클러스터 C_2에 속한다고 가정한다. C_1을 담당하는 릴레이 노드 M_1은 S_S가 전달한 정보를 저장하여 C_1의 특정 지점에 전달한다. 여기서 특정 지점은 어느 센서 노드일 수도 있고 별도의 저장 장치일 수 있다. 특정 지점은 릴레이 노드 M_1가 전달한 정보를 저장한다. 이후 C_2을 담당하는 릴레이 노드 M_2은 상기 특정 지점에 저장된 정보를 전달받고, S_D 에 해당 정보를 전달한다. 이와 같이 S_S과 S_D 가 하나의 클러스터에 속하지 않는다면 정보 전달 과정에서 중계에 따른 지연이 발생할 수 있다. D_R은 클러스터 사이의 정보 전달 과정에서 발생하는 지연(relay latency)을 의미한다. $ht_{s,d}$는 S_S에서 S_D로 정보가 전달되는 과정에서 특정 지점(버퍼)이 M_1로부터 정보를 수신한 시점과 M_2로 정보를 전달한 시점 사이의 시간을 의미한다.

[0034] 또한 릴레이 노드 M_i는 세그먼트 S_S에서 S_D로 정보를 전달하는 과정에서 일정한 에너지를 소모한다. 아래의 수학식 2는 릴레이 노드 M_i가 소비하는 에너지 $E(M_i)$를 연산한 것이다.

수학식 2

$$E(M_i) = E_M(TR(M_i)) + E_C(Data_{M_i})$$

$$= (\mu \cdot TR(M_i)) + (Data_{M_i} \cdot P_C(R))$$

[0036]

[0037] 수학식 2에서 E_M은 릴레이 노드 M_i가 TR(M_i)를 따라 이동하면서 소비하는 에너지이다. E_M은 세그먼트 C_i에 속한 경로를 한번 이동하는데 소비하는 에너지이다. E_C는 릴레이 노드 M_i가 통신에 소비하는 에너지이다. E_C는 정보의 양 및 정보를 수신(다운로딩) 내지 송신(업로딩)하는 횟수에 따라 결정된다.

[0039] E_M은 아래의 수학식 3과 같이 릴레이 노드가 이동하는 거리에 따라 결정된다. 수학식 3에서 μ는 0.1 ~ 1 (J/m) 사이의 크기를 갖는다.

수학식 3

[0040] $$E_M(M_i) = \mu \cdot TR(M_i)$$

[0042] E_C는 아래의 수학식 4와 같이 무선 통신을 통해 하나의 비트를 전송하는데 사용되는 에너지에 따라 결정된다. 수학식 4에서 $Data_{M_i}$는 릴레이 노드 M_i가 전달하는 정보의 양이다. 한편 관련된 선행 연구 중 정보 전달에 소비되는 에너지를 연산한 것이 있다. 이에 따르면 α = 100nJ, β = $0.1^{nJ/m^{\partial}}$ 이고 ∂ = 2이다. 물론 이와 다른 기준을 사용하여 E_C를 결정할 수도 있을 것이다.

수학식 4

[0044] $$E_C(M_i) = Data_{M_i} \cdot P_C(R),\ where\ P_C(R) = \alpha + \beta \cdot R^{\partial}$$

[0046] 컴퓨터 장치는 복수의 클러스터의 영역을 결정하여 복수의 릴레이 노드의 경로를 결정한다. 컴퓨터 장치는 각 클러스터에서 릴레이 노드가 소비하는 에너지의 평균값이 최대한 유사하면서 동시에 세그먼트 사이에서 정보를 전달하는 지연 시간이 최소가 될 수 있도록 클러스터를 결정한다. 이하 컴퓨터 장치가 복수의 클러스터를 결정하는 과정을 설명한다. 이하 설명에서 모든 릴레이 노드는 동일한 통신 반경 R을 갖는다고 가정한다. 통신 반경 R은 센서 노드의 통신 반경 r과 동일한 크기일 수 있다.

[0048] 릴레이 노드는 세그먼트 사이에서 정보를 교환한다. 따라서 클러스터 결정은 세그먼트 사이에 교환되는 정보의 양(트래픽)을 고려하는 것이 바람직하다. 도 2(b)에 도시한 중앙 클러스터는 세그먼트 사이에 교환되는 트래픽의 양을 아직 고려하지 않은 것이다.

[0049] 컴퓨터 장치는 각 클러스터에서 릴레이 노드가 소비하는 에너지를 최소화하고자 한다. 후술하겠지만 릴레이 노드는 이동 및 통신에 에너지를 필요로한다. 컴퓨터 장치는 먼저 릴레이 노드가 교환해야하는 트래픽을 고려하여 새로운 무게 중심 mG의 위치를 결정한다.

[0050] 도 3은 복수의 세그먼트에 대한 무게 중심의 위치를 결정하는 과정에 대한 예이다. 도 3(a)는 세그먼트 사이의 트래픽을 표시한 예이다. 도 3(a)는 정보를 교환하는 세그먼트를 점선으로 표시하였고, 각 점선에 트래픽의 양을 숫자로 표시하였다. 세그먼트 A는 세그먼트 H와 10의 트래픽을 교환하고, 세그먼트 A는 세그먼트 J와 16의 트래픽을 교환한다. 트래픽을 표시하는 단위는 다양할 수 있다. 예컨대, megabits 등일 수 있다. 도 3(b)는 도 3(a)에 각 세그먼트가 교환하는 트래픽의 총량을 추가로 표시하였다. 예컨대, 세그먼트 A는 세그먼트 J, H를 포함한 총 26의 트래픽을 교환한다. 컴퓨터 장치는 이렇게 연산된 각 세그먼트의 총 트래픽양과 위치를 고려하여 세그먼트의 무게 중심 mG를 결정한다. 이 무게중심 mG는 세그먼트가 골고루 분산되어 위치되어있을 경우 누적 트래픽양이 많은 세그먼트들 가까이 설정된다. 도 3(b)는 세그먼트 J가 있는 위치가 무게 중심 mG로 선택된 예를 도시한다.

[0051] 이제 컴퓨터 장치는 무게 중심 mG를 중심으로 k-1 개의 주변 클러스터를 결정한다.

[0052] 도 4는 복수의 세그먼트에 대한 주변 클러스터를 결정하는 과정에 대한 예이다. 컴퓨터 장치는 mG와 하나의 세그먼트를 포함하는 초기 주변 클러스터를 설정한다. 도 4(a)는 mG와 하나의 세그먼트를 포함하는 복수의 초기 주변 클러스터들을 도시한다. 이제 컴퓨터 장치는 반복적인 병합과정(라운드)을 통하여 복수의 클러스터를 k-1개의 클러스터로 조정한다. 각 라운드마다 병합비용이 가장적은 두 쌍의 클러스터가 병합하게 된다. 위해 컴퓨터 장치는 아래의 수학식 5를 사용하여 병합비용을 연산한다.

수학식 5

[0054] $$MC(C_i, C_j) = Energy(\ C_i + C_j + mG\ ) - Energy(\ C_i + mG\ )$$

[0056] 수학식 5는 두 클러스터 쌍을 병합할 때 증가하는 에너지 소모량을 일정한 기준으로 나타낸 것이다. 수학식 5에서 C_i 및 C_j는 도 4(a)의 주변 클러스터 중 어느 두 개의 클러스터를 의미한다. Energy(C_i+C_j+mG)는 C_i, C_j 및 mG 사이에서 정보를 교환하는 릴레이 노드가 소비하는 에너지를 의미한다. Energy(C_i+mG)는 C_i 및 mG 사이에서 정보를 교환하는 릴레이 노드가 소비하는 에너지를 의미한다. 전술한 바와 같이 릴레이 노드가 소비하는 에너지는 이동 에너지 및 통신 에너지를 합산한 값이다.

[0057] 컴퓨터 장치는 가능한 모든 클러스터 쌍 중에서 상기 수학식 5로 연산되는 에너지 MC(C_i,C_j)를 연산하고, 병합으로 인하여 증가하는 에너지 소비량 즉, MC(C_i,C_j)가 가장 작은 클러스터 쌍을 병합한다. 컴퓨터 장치는 주변 클러스터가 k-1개가 될 때까지 클러스터 쌍을 병합하는 과정(라운드)을 반복한다. 이하 k = 5라고 가정한다.

[0058] 도 4(b)는 3번의 병합 과정(라운드 r = 1에서 3)을 거쳐서 설정된 3 개의 주변 클러스터 C_1, C_2 및 C_3를 도시한다. 예컨대, C_1은 도 4(a)에서 세그먼트 H를 포함하는 클러스터 및 세그먼트 I를 포함하는 클러스터를 병합한 것이다. 도 4(c)는 r = 4에서 종래 세그먼트 D를 포함하는 클러스터와 클러스터 C_3를 병합한 예이다. 즉, 클러스터 C_3가 확대된 예에 해당한다. 도 4(d)는 r = 5에서 세그먼트 A를 포함하는 클러스터와 세그먼트 B를 포함하는 클러스터를 병합하여 주변 클러스터 C_4를 생성한 예이다. 도 4(e)는 r = 6에서 종래 세그먼트 C를 포함하는 클러스터와 클러스터 C_4를 병합한 예이다. 도 4(f)는 r = 7에서 종래 세그먼트 G를 포함하는 클러스터와 클러스터 C_1를 병합한 예이다. 이 과정을 통해 컴퓨터 장치는 주변 클러스터 4개를 결정하였다.

[0060] 전술한 바와 같이 컴퓨터 장치는 각 클러스터에서 소비되는 릴레이 노드의 에너지를 최대한 균등하게 하고자 한다. 따라서, 컴퓨터 장치는 중앙 클러스트 C_k를 조절(확장)하여 각 클러스터에서 릴레이 노드가 소비하는 에너지 균형을 맞춘다. 도 5는 중앙 클러스터를 형성하는 과정에 대한 예이다. 이 과정은 라운드방식으로 반복된다. C^r_i는 라운드 r에서 결정된 클러스터 C_i를 의미한다. C_i는 전술한 바와 같이 릴레이 노드 M_i가 이동하면서 정보를 교환하는 영역이다.

[0061] 도 5(a)는 도 4(f)에서 주변 클러스터를 결정한 상태에 해당한다. 도 5(a)는 각 클러스터에서 릴레이 노드가 이동하는 경로를 직선으로 도시하였다. 도 5(a)는 중앙 클러스터가 위치하는 영역을 예시하였다. 최초 중앙 클러스터는 mG에 위치한 세그먼트 J를 포함하는 원 형태라고 할 수 있다. 즉 최초 중앙 클러스터는 이동하지 않는 릴레이 노드 M_k를 가정한 것이다. 이후 컴퓨터 장치는 릴레이 노드 M_k가 이동하는 영역(경로)을 확장하면서 클러스터 사이의 에너지 균형을 맞춘다.

[0062] 도 5(b)는 라운드 r = 1에 해당한다. 도 5(b)를 기준으로 이하 사용되는 용어를 설명한다. CoM은 클러스터에서 릴레이 노드가 이동하는 경로가 형성하는 모양의 무게 중심을 의미한다. 예컨대, CoM^1_1은 r = 1에서 클러스터 C_1의 무게 중심을 의미한다. L은 클러스터의 무게 중심 CoM로부터 mG까지의 직선을 나타낸다. 도 5(b)에서 L을 점선으로 표시하였다. 예컨대, L^1_1은 r = 1에서 CoM^1_1로부터 mG 까지의 직선을 의미한다. p는 각 클러스터를 담당하는 릴레이 노드 M_i가 중앙 클러스터를 담당하는 릴레이 노드 M_k를 만나서 정보를 교환하는 지점(랑데뷰 지점)이다. 예컨대, p^1_1은 r = 1에 C_1을 담당하는 릴레이 노드 M_1이 중앙 클러스터를 담당하는 릴레이 노드 M_k를 만나는 지점이다. r = 1에서 p^1_i은 mG에서 통신거리 만큼 떨어진 거리에 해당할 수 있다. 또는 p^1_i은 M_i가 M_k와 통신 가능한 거리에 접근한 어느 지점일 수도 있다. 여기서 i = 1, ..., k-1이다. E^r_i는 라운드 r에서 클러스터 C_i를 담당하는 릴레이 노드가 소비하는 에너지이다.

[0063] 이후 컴퓨터 장치는 각 클러스터에서 릴레이 노드가 소비하는 에너지를 비교하면서 중앙 클러스터를 확장하고,

주변 클러스터를 축소하는 과정을 반복한다. 도 5는 중앙 클러스터를 담당하는 릴레이 노드 M_k의 이동 경로를 확장하는 예를 도시한다. 이는 중앙 클러스터를 확장한다는 의미와 동일하다. 한편 컴퓨터 장치는 릴레이 노드 M_k의 소비 에너지 E^r_k가 주변 클러스터를 담당하는 각 릴레이 노드 M_i들의 소비 에너지 E^r_i의 평균값 E_{AVG} 보다 작은 경우 중앙 클러스터를 확장한다.

[0064] 이를 위해 각 라운드에서 컴퓨터 장치는 각 클러스터를 담당하는 릴레이 노드가 소비하는 에너지를 측정한다. 도 5(b)에 도시한 r = 1에서 각 클러스터에서 릴레이 노드가 소비하는 에너지를 C_1: C_2: C_3 : C_4 = 2280 : 1948 : 2012 : 1876이라고 가정한다. 에너지 단위는 J(Joule)일 수 있다.

[0065] 도 5(c)는 r = 2에 대한 예이다. 먼저 컴퓨터 장치가 이전 라운드 r = 1에서 측정한 릴레이 노드의 소비 에너지를 기준으로 새로운 p^2_i를 결정한다. 컴퓨터 장치는 E^{r-1}_i/ E^{r-1}_{least}를 연산한다. E^{r-1}_{least}는 이전 라운드 r-1에서 각 클러스터를 담당하는 릴레이 노드 중 가장 에너지 소비가 작은 릴레이 노드가 소비한 에너지이다. r = 1에서 가장 작은 에너지를 소비한 클러스터는 C_4이다. 따라서, E^1_i/ E^1_{least}는 C_1: C_2: C_3 : C_4 = 1.072 : 1.038 : 1072 : 1이다. 컴퓨터 장치는 p^2_i를 직선 L^1_i상에서 p^1_i로부터 d^2_i만큼 무게 중심 mG에서 바깥 방향(external)으로 이동한 지점으로 결정한다. d^r_i는 E^{r-1}_i/ E^{r-1}_{least}에 일정한 단위 길이를 곱한 값이다. 예컨대, 단위 길이는 1m일 수 있다. 도 5(c)는 연산 결과에 따라 p를 이동한 결과를 도시한다. 각 p^2_i는 r = 2에서 각 릴레이 노드 M_i에 대해 결정된 M_k와의 랑데뷰 지점이다.

[0066] 이제 컴퓨터 장치는 새로운 p^2_i를 기준으로 각 주변 클러스터에 대해 릴레이 노드의 이동 경로 T^2_i를 다시 결정한다. 즉 주변 클러스터를 방문하는 릴레이 노드의 이동 경로가 축소된다. 도 5(c)는 도 5(b)에 비하여 각 릴레이 노드의 이동 경로가 작아졌다. 이동 경로가 갱신되면서 CoM^2_i 및 L^2_i도 갱신된다.

[0067] 도 5(d)는 r = 3에 대한 예이다. 먼저 컴퓨터 장치가 이전 라운드 r = 2에서 측정한 릴레이 노드의 소비 에너지를 기준으로 새로운 p^3_i를 결정한다. r = 2에서 각 클러스터에서 릴레이 노드가 소비하는 에너지를 C_1: C_2: C_3 : C_4 = 1920 : 1708 : 1652 :1636이라고 가정한다. r = 2에서 가장 작은 에너지를 소비한 클러스터는 C_4이다. 따라서, E^2_i/ E^2_{least}는 C_1: C_2: C_3 : C_4 = 1.1736 : 1.044 : 1.009 : 1이다. 컴퓨터 장치는 p^3_i를 직선 L^2_i상에서 p^2_i로부터 d^3_i만큼 무게 중심 mG에서 바깥 방향(external)으로 이동한 지점으로 결정한다. 도 5(d)는 연산 결과에 따라 p를 이동한 결과를 도시한다. p^3_i는 r = 3에서 각 릴레이 노드 M_i에 대해 결정된 랑데뷰 지점이다. 이제 컴퓨터 장치는 새로운 p^3_i를 기준으로 각 클러스터에 대해 릴레이 노드의 이동 경로 T^3_i를 다시 결정한다. 즉 주변 클러스터를 방문하는 릴레이 노드의 이동 경로가 축소된다. 컴퓨터 장치는 CoM^3_i 및 L^3_i도 갱신한다.

[0068] r = 3에서 E^3_k = 1300 < E_{AVG} = 1536라고 가정한다. 따라서 컴퓨터 장치는 다음 라운드에 돌입한다.

[0069] 도 5(e)는 r = 4에 대한 예이다. 먼저 컴퓨터 장치가 이전 라운드 r = 3에서 측정한 릴레이 노드의 소비 에너지를 기준으로 새로운 p^4_i를 결정한다. r = 3에서 각 클러스터에서 릴레이 노드가 소비하는 에너지를 C_1: C_2: C_3 : C_4 = 1438 : 1680 : 1532 :1576이라고 가정한다. r = 3에서 가장 작은 에너지를 소비한 클러스터는 C_1이다. 따라서, E^3_i/ E^3_{least}는 C_1: C_2: C_3 : C_4 = 1 : 1.1685 : 1.096 : 1.066이다. 컴퓨터 장치는 p^4_i를 직선 L^3_i상에서 p^3_i로부터 d^3_i만큼 무게 중심 mG에서 바깥 방향(external)으로 이동한 지점으로 결정한다. 도 5(e)는 연산 결과에 따라 p를 이동한 결과를 도시한다. p^4_i는 r = 4에서 각 릴레이 노드 M_i에 대해 결정된 랑데뷰 지점이다. 이제 컴퓨터 장치는 새로운 p^4_i를 기준으로 각 클러스터에 대해 릴레이 노드의 이동 경로 T^4_i를 다시 결정한다. 컴퓨터

장치는 CoM^4_i 및 L^4_i도 갱신한다.

[0070] r = 4에서 E^4_k = 2620 > E_{AVG} = 1394라고 가정한다. 그러므로, 이 경우 컴퓨터 장치는 r = 4에서 결정한 이동 경로를 사용하지 않고, r = 3에서 결정한 이동 경로를 사용할 수 있다. 도 5(f)는 최종적으로 컴퓨터 장치가 r = 3에서 결정한 경로를 사용한 예이다. 이 과정을 통해 컴퓨터 장치는 중앙 클러스터 및 주변 클러스터를 확정한다.

[0071] 컴퓨터 장치는 중앙 클러스터 C_k를 담당하는 M_k에 대한 이동 경로 $TR(M_k)$를 p^3_i를 연결한 경로로 결정한다. 그리고 컴퓨터 장치는 주변 클러스터 C_i를 담당하는 M_i에 대한 이동 경로 $TR(M_i)$를 r = 3에서 축소한 각 클러스터의 경로로 결정한다.

[0072] 컴퓨터 장치는 $E^r_k = E_{AVG}$ 인 경우에 해당 라운드에서 결정된 경로를 사용할 수도 있다. 또는 컴퓨터 장치는 $E^r_k > E_{AVG}$ 인 경우에 E^{r-1}_k과 E^r_k 중에서 E_{AVG}와의 차이가 보다 작은 값을 사용할 수도 있다.

[0074] 도 6은 분할된 네트워크를 위한 릴레이 노드의 이동 경로 결정 방법(100)에 대한 순서도의 예이다. 컴퓨터 장치는 먼저 각 세그먼트 마다 송/수신할 정보의 총 트래픽의 합을 연산한다(110). 컴퓨터 장치는 세그먼트 사이의 트래픽(inter-segment traffic) 및 세그먼트들의 위치를 기준으로 무게 중심 mG를 결정한다(120).

[0075] 컴퓨터 장치는 mG와 하나의 세그먼트를 포함하는 초기 클러스터를 설정하고, 초기 클러스터 쌍을 병합하는 비용이 가장 작은 클러스터를 병합한다. 컴퓨터 장치는 병합 비용을 기준으로 주변 클러스터를 결정해 나간다(130). 컴퓨터 장치는 매 라운드마다 수학식 5로 연산되는 비용이 가장 작은 클러스터 쌍을 선택하여 병합한다. 컴퓨터 장치는 주변 클러스터가 k -1개가 될 때까지 클러스터 병합 과정을 반복한다.

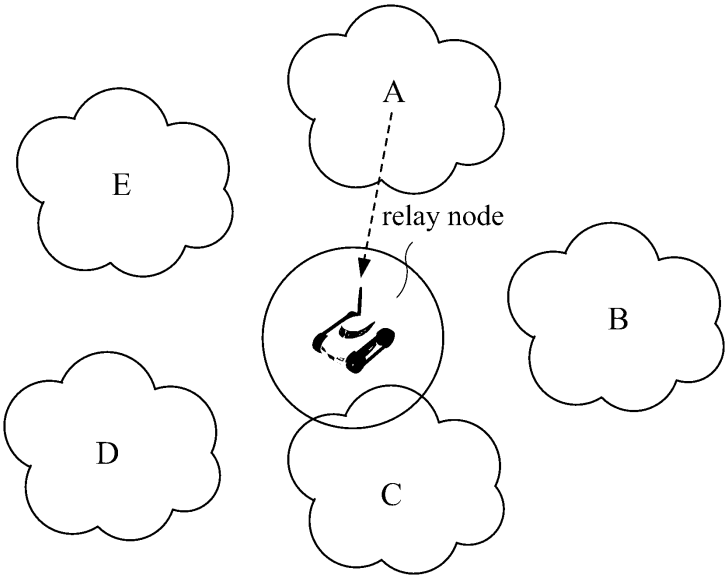
[0076] 컴퓨터 장치는 중앙 클러스터를 담당하는 릴레이 노드 C_k가 소비하는 에너지인 제1값 E^r_k과 복수의 주변 클러스터에서 각 릴레이 노드 C_i가 소비하는 에너지의 평균값인 제 2값 E_{AVG}을 연산한다(140). 컴퓨터 장치는 제1 값 E^r_k와 제2 값 E_{AVG}을 비교한다(150). 컴퓨터 장치는 제1값 E^r_k < 제2값 E_{AVG}인 경우 도 5에서 설명한 과정을 통해 중앙 클러스터를 확장하고, 주변 클러스터를 축소한다(160).

[0077] 컴퓨터 장치는 제1값 E^r_k > 제2값 E_{AVG}인 경우 직전 라운드에서 결정한 중앙 클러스터 및 주변 클러스터의 경로를 선택한다(170). 컴퓨터 장치는 제1값 E^r_k = 제2값 E_{AVG}인 경우 현재 결정된 중앙 클러스터 및 주변 클러스터의 경로를 선택할 수 있다. 전술한 바와 같이 컴퓨터 장치는 제1값 E^r_k > 제2값 E_{AVG}인 경우 이전 라운드와 현재 라운드에서 중앙 클러스터를 담당하는 릴레이 노드가 소비한 에너지와 E_{AVG}의 차이가 작은 라운드에서 결정한 중앙 클러스터 및 주변 클러스터의 경로를 선택할 수 있다.

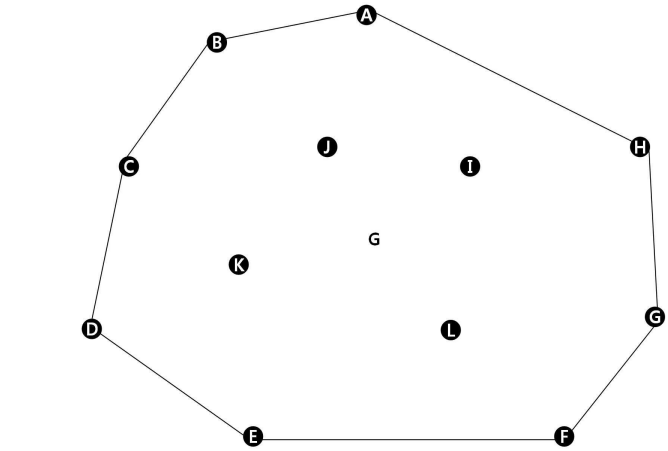
[0079] 본 실시례 및 본 명세서에 첨부된 도면은 전술한 기술에 포함되는 기술적 사상의 일부를 명확하게 나타내고 있는 것에 불과하며, 전술한 기술의 명세서 및 도면에 포함된 기술적 사상의 범위 내에서 당업자가 용이하게 유추할 수 있는 변형 예와 구체적인 실시례는 모두 전술한 기술의 권리범위에 포함되는 것이 자명하다고 할 것이다.

도면

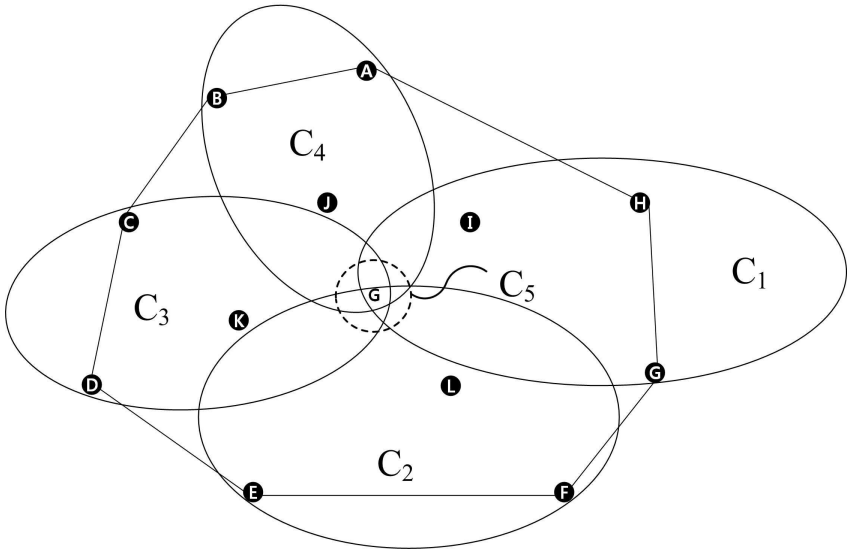
도면1



도면2

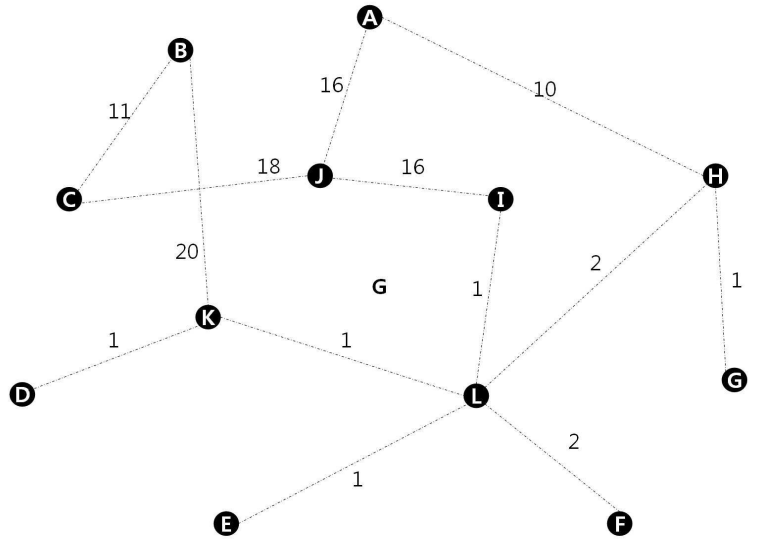


(a)

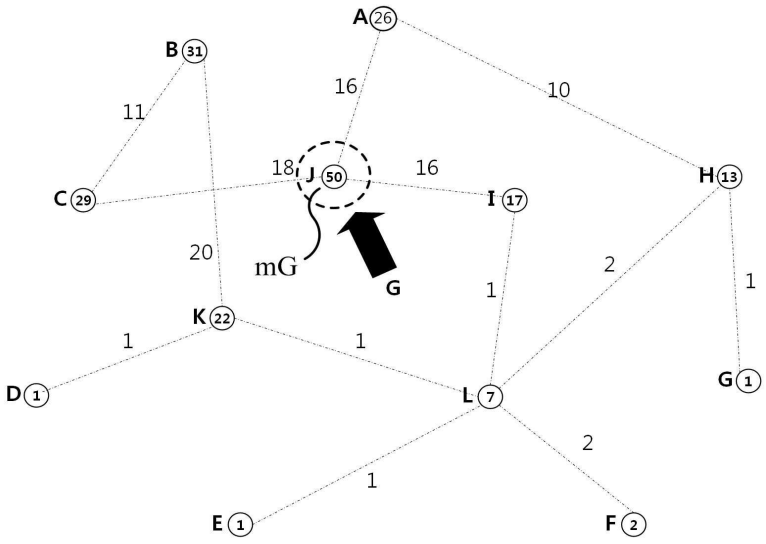


(b)

도면3

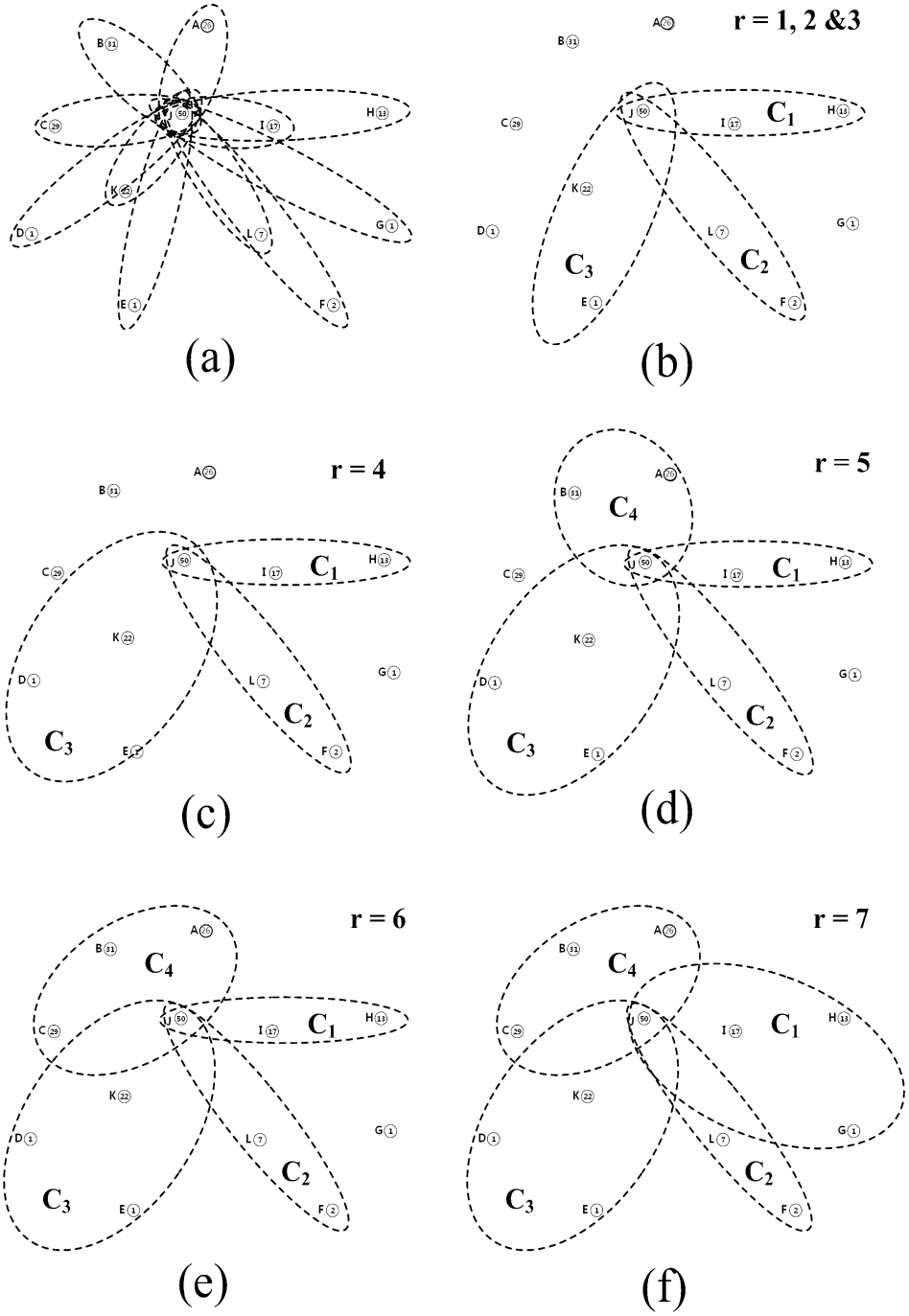

A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
L
16
10
11
18
16
20
2
1
1
1
1
2
1

(a)

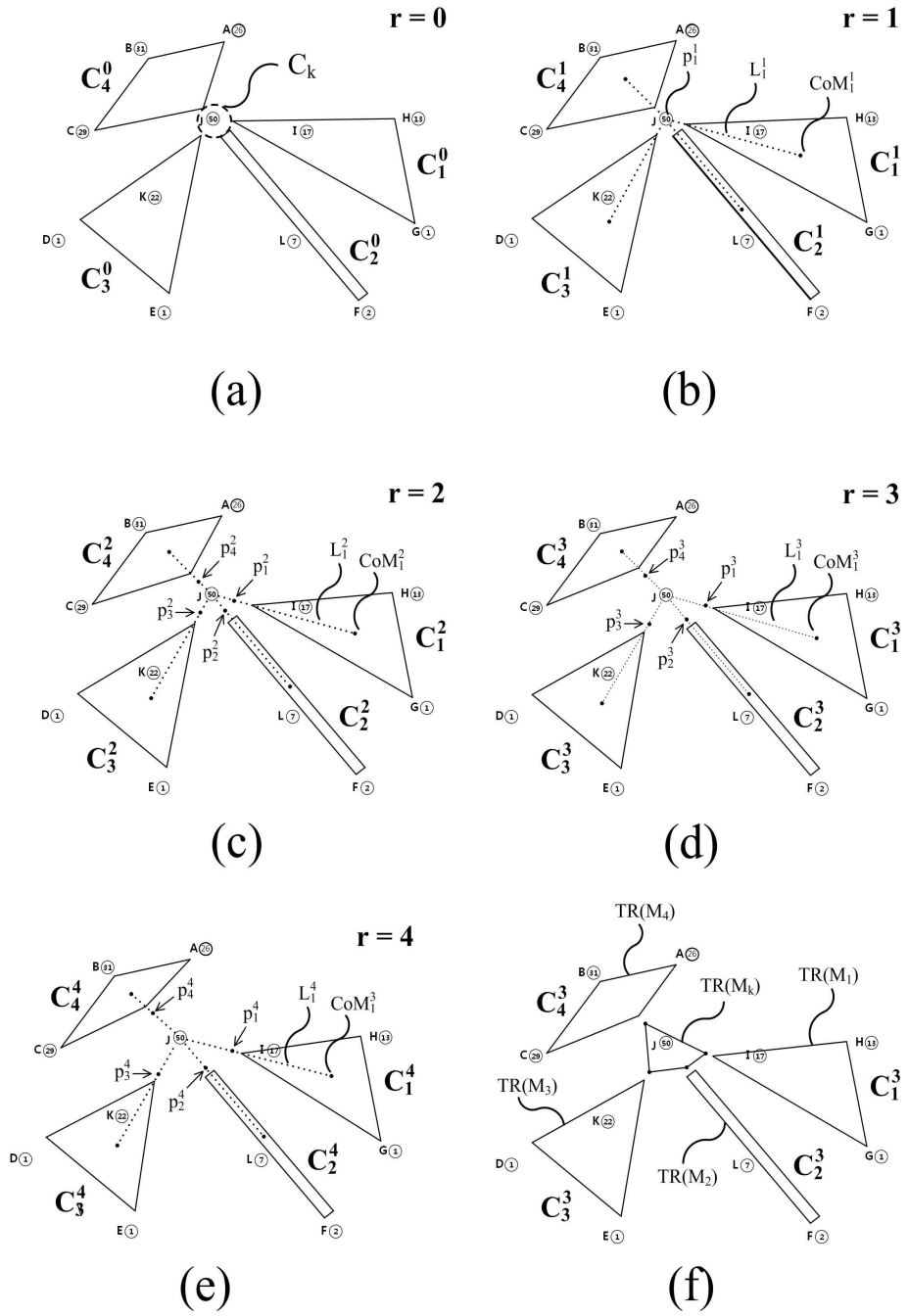

A 26
B 31
C 29
D 1
E 1
F 2
G 1
H 13
I 17
J 50
K 22
L 7
mG
G
16
10
11
18
16
20
2
1
1
1
1
2
1

(b)

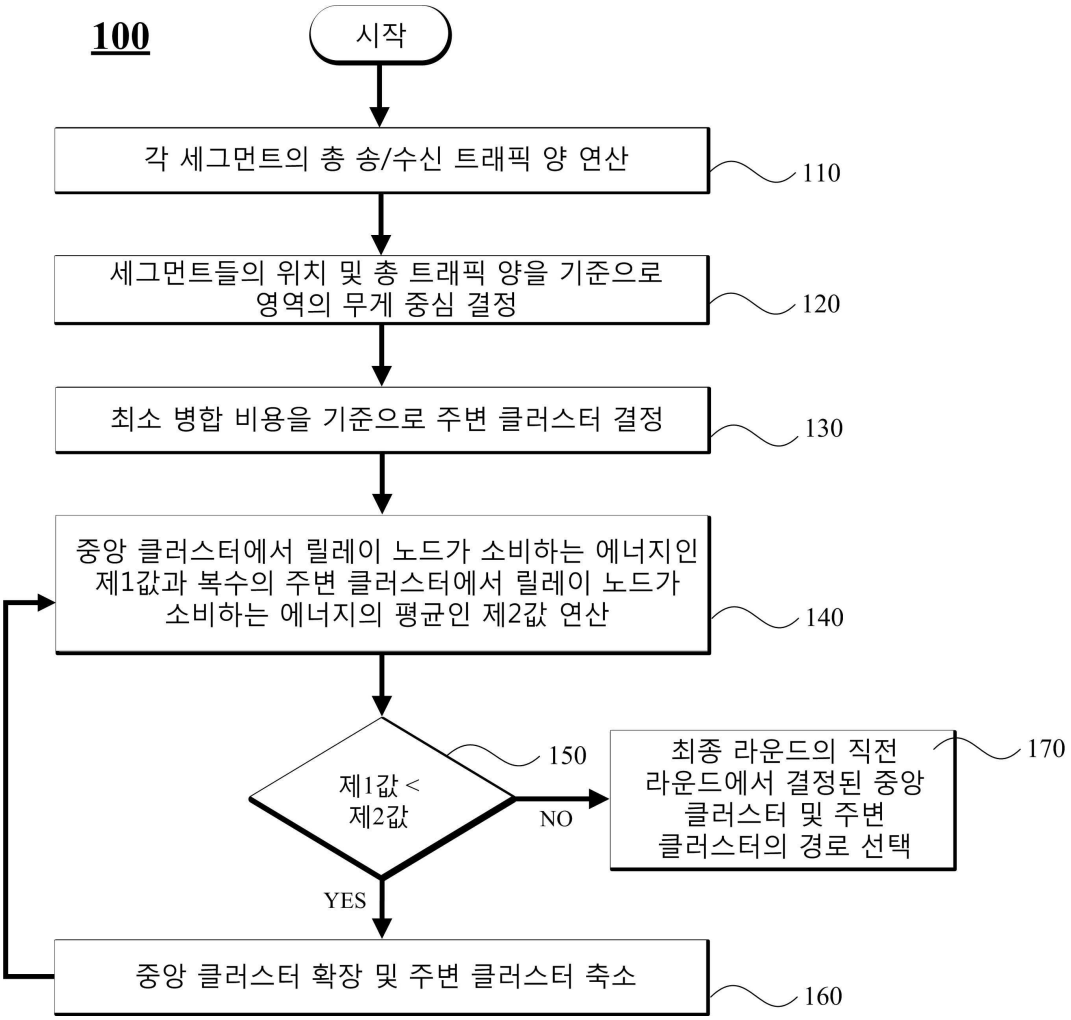
도면4


A 76
B 31
C 29
D 1
E 1
F 2
G 1
H 13
I 17
J 50
K 22
L 7
(a)
r = 1, 2 &3
C1
C2
C3
(b)
r = 4
(c)
r = 5
C4
(d)
r = 6
(e)
r = 7
(f)

도면5



도면6


100
시작
각 세그먼트의 총 송/수신 트래픽 양 연산
110
세그먼트들의 위치 및 총 트래픽 양을 기준으로 영역의 무게 중심 결정
120
최소 병합 비용을 기준으로 주변 클러스터 결정
130
중앙 클러스터에서 릴레이 노드가 소비하는 에너지인 제1값과 복수의 주변 클러스터에서 릴레이 노드가 소비하는 에너지의 평균인 제2값 연산
140
제1값 < 제2값
150
NO
YES
최종 라운드의 직전 라운드에서 결정된 중앙 클러스터 및 주변 클러스터의 경로 선택
170
중앙 클러스터 확장 및 주변 클러스터 축소
160