



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0025787
(43) 공개일자 2019년03월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H02J 50/20 (2016.01)

(52) CPC특허분류

H02J 50/20 (2016.02)

(21) 출원번호 10-2017-0111838

(22) 출원일자 2017년09월01일

심사청구일자 2017년09월01일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

백상현

서울특별시 서초구 고무래로 35, 109동 1004호(반포동, 반포리채아파트)

고한열

경기도 고양시 덕양구 화신로 170 2111동 1504호 (행신동, 햇빛마을21단지아파트)

(74) 대리인

김등용, 김홍석

전체 청구항 수 : 총 16 항

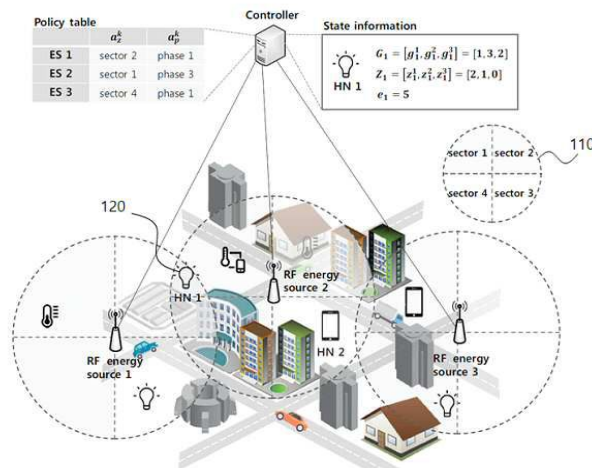
(54) 발명의 명칭 위상 인지 방향성 알에프 에너지 전송 시스템 및 방법

(57) 요약

본 발명은 방향성 알에프 에너지 공급원의 에너지 전송 방향과 위상을 결정하는 것으로 이를 통해 에너지 전송 효율을 증대시키는 방법에 관한 것으로서, 일 실시 예에 따른 위상 인지 방향성 알에프 에너지 전송 시스템은 하베스팅 노드(harvesting node)가 포함된 알에프(Radio Frequency, RF) 에너지 공급원들의 섹터들을 표시하는 벡터(Z_i), i 번째 하베스팅 노드에 대한 알에프 에너지 공급원들의 그룹을 나타내는 벡터(G_i), i 번째 하베스팅 노드에 대한 에너지 상태(e_i)를 산출하는 산출부, 상기 산출된 정보에 기초하여, 특정 알에프 에너지 공급원이 전송해야 할 방향 및 초기 위상에 대한 정보를 나타내는 정책 테이블을 생성하는 정책 테이블 생성부 및 상기 생성된 정책 테이블을 각 알에프 에너지 공급원에게 제공하는 정책 테이블 제공부를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1

100



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2014-044-006-044
 부처명 미래창조과학부
 연구관리전문기관 정보통신기술연구진흥센터
 연구사업명 정보통신 및 방송연구개발사업
 연구과제명 고성능, 고효율의 차세대 무선랜 무선전송 원천기술 개발
 기 여 율 1/2
 주관기관 고려대학교
 연구기간 2017.03.01 ~ 2017.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10051306
 부처명 산업통상자원부
 연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원
 연구사업명 산업핵심기술개발사업
 연구과제명 안전한 차량 IoT 서비스를 위한 차량 클라우드 기반의 동적 보안 프레임워크 개발
 기 여 율 1/2
 주관기관 고려대학교
 연구기간 2015.06.01 ~ 2018.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

하베스팅 노드(harvesting node)가 포함된 알에프(Radio Frequency, RF) 에너지 공급원들의 섹터들을 표시하는 벡터(Z_i), i 번째 하베스팅 노드에 대한 알에프 에너지 공급원들의 그룹을 나타내는 벡터(G_i) 및 i 번째 하베스팅 노드에 대한 에너지 상태(e_i)를 산출하는 산출부;

상기 산출된 정보에 기초하여, 특정 알에프 에너지 공급원이 전송해야 할 방향 및 초기 위상에 대한 정보를 나타내는 정책 테이블을 생성하는 정책 테이블 생성부; 및

상기 생성된 정책 테이블을 각 알에프 에너지 공급원에게 제공하는 정책 테이블 제공부를 포함하는 위상 인지 방향성 알에프 에너지 전송 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 산출부는 특정 하베스팅 노드에 상응하는 알에프 에너지 공급원의 수 및 상기 특정 하베스팅 노드가 포함된 k 번째 알에프 에너지 공급원의 섹터 정보를 포함하여 상기 벡터(Z_i)를 산출하는,

위상 인지 방향성 알에프 에너지 전송 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 산출부는 특정 하베스팅 노드에서 획득할 수 있는 에너지 양을 고려하여 상기 i 번째 하베스팅 노드에 대한 k 번째 알에프 에너지 공급원의 그룹을, 위상의 범위에 따라 복수 개로 구분하여 산출하는,

위상 인지 방향성 알에프 에너지 전송 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 산출부는 하베스팅 노드의 에너지 저장소의 용량을 고려하여, 상기 i 번째 하베스팅 노드에 대한 에너지 상태(e_i)를 산출하는,

위상 인지 방향성 알에프 에너지 전송 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 정책 테이블 생성부는 상기 산출한 벡터(Z_i)에 기초하여 하베스팅 노드들의 위치를 수집하고, 상기 산출한 벡터(G_i)에 기초하여 하베스팅 노드들의 에너지 정보를 수집하여 정보 변화가 있을 경우에 상기 정책 테이블을 생성하는,

위상 인지 방향성 알에프 에너지 전송 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 정책 테이블 생성부는 상기 정보 변화가 없는 경우에 상기 산출한 벡터(Z_i)에 기초하여 하베스팅 노드들의 위치 및 상기 산출한 벡터(G_i)에 기초하여 하베스팅 노드들의 에너지 정보를 일정 주기 이후에 다시 수집하는,

위상 인지 방향성 알에프 에너지 전송 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 정책 테이블 생성부는 CMDP(constraint Markov decision process)를 적용하여, 사용되는 에너지와 하베스팅 노드에서 버려지는 패킷의 수를 임계값 이하로 낮추는 과정을 통해 최적화를 진행한 후, 상기 정책 테이블을 생성하는,

위상 인지 방향성 알에프 에너지 전송 시스템.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 정책 테이블 제공부는 현재 생성된 정책 테이블과 이전의 정책 테이블 간 차이를 확인하고, 차이가 있는 경우에 상기 각 알에프 에너지 공급원에게 현재 생성된 정책 테이블을 제공하는,

위상 인지 방향성 알에프 에너지 전송 시스템.

청구항 9

산출부에서, 하베스팅 노드(harvesting node)가 포함된 알에프(Radio Frequency, RF) 에너지 공급원들의 섹터들을 표시하는 벡터(Z_i), i 번째 하베스팅 노드에 대한 알에프 에너지 공급원들의 그룹을 나타내는 벡터(G_i) 및 i 번째 하베스팅 노드에 대한 에너지 상태(e_i)를 산출하는 단계;

정책 테이블 생성부에서, 상기 산출된 정보에 기초하여, 특정 알에프 에너지 공급원이 전송해야 할 방향 및 초기 위상에 대한 정보를 나타내는 정책 테이블을 생성하는 단계; 및

정책 테이블 제공부에서, 상기 생성된 정책 테이블을 각 알에프 에너지 공급원에게 제공하는 단계를 포함하는 위상 인지 방향성 알에프 에너지 전송 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 산출하는 단계는 특정 하베스팅 노드에 상응하는 알에프 에너지 공급원의 수 및 상기 특정 하베스팅 노드가 포함된 k 번째 알에프 에너지 공급원의 섹터 정보를 포함하여 상기 벡터(Z_i)를 산출하는 단계를 포함하는,

위상 인지 방향성 알에프 에너지 전송 방법.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 산출하는 단계는 특정 하베스팅 노드에서 획득할 수 있는 에너지 양을 고려하여 상기 i 번째 하베스팅 노드에 대한 k 번째 알에프 에너지 공급원의 그룹을, 위상의 범위에 따라 복수 개로 구분하여 산출하는 단계를 포함하는,

위상 인지 방향성 알에프 에너지 전송 방법.

청구항 12

제9항에 있어서,

상기 산출하는 단계는 하베스팅 노드의 에너지 저장소의 용량을 고려하여, 상기 i 번째 하베스팅 노드에 대한 에너지 상태(e_i)를 산출하는 단계를 포함하는,

위상 인지 방향성 알에프 에너지 전송 방법.

청구항 13

제9항에 있어서,

상기 정책 테이블을 생성하는 단계는 상기 산출한 벡터(Z_i)에 기초하여 하베스팅 노드들의 위치를 수집하는 단계; 및

상기 산출한 벡터(G_i)에 기초하여 하베스팅 노드들의 에너지 정보를 수집하여 정보 변화가 있을 경우에 상기 정책 테이블을 생성하는 단계를 포함하는,

위상 인지 방향성 알에프 에너지 전송 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 정보 변화가 없는 경우에 상기 산출한 벡터(Z_i)에 기초하여 하베스팅 노드들의 위치 및 상기 산출한 벡터(G_i)에 기초하여 하베스팅 노드들의 에너지 정보를 일정 주기 이후에 다시 수집하는 단계를 더 포함하는,

위상 인지 방향성 알에프 에너지 전송 방법.

청구항 15

제9항에 있어서,

상기 정책 테이블을 생성하는 단계는 CMDP(constraint Markov decision process)를 적용하여, 사용되는 에너지와 하베스팅 노드에서 버려지는 패킷의 수를 임계값 이하로 낮추는 과정을 통해 최적화를 진행한 후, 상기 정책 테이블을 생성하는,

위상 인지 방향성 알에프 에너지 전송 방법.

청구항 16

제9항에 있어서,

상기 정책 테이블을 생성하는 단계는 현재 생성된 정책 테이블과 이전의 정책 테이블 간 차이를 확인하고, 차이가 있는 경우에 상기 각 알에프 에너지 공급원에게 현재 생성된 정책 테이블을 제공하는,

위상 인지 방향성 알에프 에너지 전송 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 방향성 알에프 에너지 공급원의 에너지 전송 방향과 위상을 결정하는 것으로, 이를 통해 에너지 전송 효율을 증대시키는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 다양한 에너지 제약 노드(예, sensor, wearable device) 등이 다양한 서비스를 제공하기 위해 널리 분포되고 있다. 이러한 제약 노드들은 한정된 에너지 자원을 가지고 있지만 해당 노드들의 배터리를 재충전하거나 변경하는 것이 어려울 경우가 많다. 이에 따라 전송된 알에프 에너지를 전기 에너지로 변환하는 알에프 에너지 하베스팅 기술이 주목받고 있다.

[0004] 알에프 에너지 하베스팅 기술을 통해 에너지 제약 노드의 배터리를 재충전 또는 변경하지 않아도 되기 때문에 해당 노드를 운영하는 비용을 감축시킬 수 있다. 또한, 알에프 에너지 하베스팅 기술을 통해 다양한 서비스 및 어플리케이션을 제공할 수 있다.

[0005] 알에프 에너지 전송은 두 가지 방법으로 수행될 수 있다. 두 방법은 1) omni-directional 에너지 전송과 2) directional 에너지 전송이다. Omni-directional 에너지 전송을 사용하였을 경우, 알에프 에너지 공급원은 에너지를 전 방향으로 전달할 수 있다. 이에 따라, 간단한 구현 및 관리가 가능하다는 장점을 갖는다. 하지만, 낮은 안테나 이득 때문에 작은 전송 범위를 가지게 되고 이에 따라 전송범위를 증대시키기 위해 과도한 에너지 소모가 발생할 수 있다. 반면, directional 알에프 에너지 전송은 하베스팅 노드가 멀리 떨어져 있을 경우에도 강한 알에프 신호를 제공할 수 있다. 하지만, directional 알에프 에너지 전송은 좁은 beam width를 가지기 때문에 어떤 방향으로 에너지를 전송하는가에 따라 에너지 전송 효율이 크게 달라진다.

[0006] 한편, 같은 주파수 대역에서 하나의 하베스팅 노드가 다수 개의 알에프 에너지 공급원에서 전송되는 알에프 신호를 동시에 받았을 경우, 도착한 알에프 에너지 신호들의 위상차에 따라 하베스팅 노드에서 획득할 수 있는 에너지양이 달라진다. 즉, 알에프 에너지 신호들이 같은 위상으로 들어왔을 경우, 하베스팅 에너지양이 증가한다. 반면에, 알에프 에너지 신호들이 다른 위상으로 들어왔을 경우 해당 신호들은 서로 간섭을 일으켜 하베스팅 에너지양이 감소한다.

[0007] 즉, 다수 개의 알에프 에너지 공급원이 존재하는 상황에서의 에너지 효율은 알에프 에너지 전송의 방향과 초기 위상에 따라 결정된다. 높은 에너지 효율을 얻기 위해서는 이 두 요소를 동시에 고려하여 알에프 에너지 전송을 수행하여야 한다. 하지만, 이 두 요소를 동시에 고려하여 알에프 에너지 전송을 최적화하는 연구는 보고된 바 없다.

[0008] 선행문헌으로서, '레이더 신호를 통한 RF 에너지 하베스팅 방법 및 시스템(METHOD AND SYSTEM FOR RF ENERGY HARVESTING USING RADAR SIGNAL, 성균관대학교 산학협력단, 출원번호: 10-2015-0081715)'는 레이더 신호를 통한 RF 에너지 하베스팅 방법 및 시스템에 관한 것으로 낭비되는 레이더 신호를 이용하여 에너지 하베스팅을 수행하고 레이더 신호의 송수신 사이 구간에 에너지 하베스팅을 수행하여 전체 대역폭을 효율적으로 활용하는 효과를 제공한다. 하지만, 방향성 안테나와 RF 신호의 위상을 고려하지 않았다.

[0009] 또 다른 선행문헌인 '경쟁 기반 랜덤 액세스 통신 환경에서 RF 에너지 하베스팅을 하는 방법(RF ENERGY HARVESTING METHOD IN CONTENTION BASED RANDOM ACCESS NETWORK, 성균관대학교 산학협력단, 출원번호: 10-2015-0089144)'에서는 경쟁 기반 랜덤 액세스 통신 환경에서 RF energy harvesting을 하는 방법을 제시하였다. 그러나, 이 발명은 주로 하베스팅 노드, 즉 수신측에 관련된 기술이다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0011] (특허문헌 0001) 한국출원특허 제2015-0081715호 "레이더 신호를 통한 RF 에너지 하베스팅 방법 및 시스템"
- (특허문헌 0002) 한국출원특허 제2015-0089144호 "경쟁 기반 랜덤 액세스 통신 환경에서 RF 에너지 하베스팅을 하는 방법"

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 본 발명은 다수 개의 알에프 에너지 공급원이 존재하는 상황에서 알에프 에너지 공급원들에서 사용되는 에너지 및 에너지 부족으로 인해 하베스팅 노드에서 버려지는 패킷의 수를 일정 수준 이하로 낮추면서 하베스팅 노드들에서 획득할 수 있는 에너지양을 최대화하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0014] 일 실시 예에 따른 위상 인지 방향성 알에프 에너지 전송 시스템은 하베스팅 노드(harvesting node)가 포함된 알에프(Radio Frequency, RF) 에너지 공급원들의 섹터들을 표시하는 벡터(Z_i), i 번째 하베스팅 노드에 대한 알에프 에너지 공급원들의 그룹을 나타내는 벡터(G_i) 및 i 번째 하베스팅 노드에 대한 에너지 상태(e_i)를 산출하는 산출부, 상기 산출된 정보에 기초하여, 특정 알에프 에너지 공급원이 전송해야 할 방향 및 초기 위상에 대한 정보를 나타내는 정책 테이블을 생성하는 정책 테이블 생성부 및 상기 생성된 정책 테이블을 각 알에프 에너지 공급원에게 제공하는 정책 테이블 제공부를 포함할 수 있다.
- [0015] 일 실시 예에 따른 위상 인지 방향성 알에프 에너지 전송 방법은 산출부에서, 하베스팅 노드가 포함된 알에프 에너지 공급원들의 섹터들을 표시하는 벡터(Z_i), i 번째 하베스팅 노드에 대한 알에프 에너지 공급원들의 그룹을 나타내는 벡터(G_i), i 번째 하베스팅 노드에 대한 에너지 상태(e_i)를 산출하는 단계, 정책 테이블 생성부에서, 상기 산출된 정보에 기초하여, 특정 알에프 에너지 공급원이 전송해야 할 방향 및 초기 위상에 대한 정보를 나타내는 정책 테이블을 생성하는 단계 및 정책 테이블 제공부에서, 상기 생성된 정책 테이블을 각 알에프 에너지 공급원에게 제공하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0017] 일 실시 예에 따르면, 다수 개의 알에프 에너지 공급원이 존재하는 상황에서 알에프 에너지 공급원들에서 사용되는 에너지 및 에너지 부족으로 인해 하베스팅 노드에서 버려지는 패킷의 수를 일정 수준 이하로 낮추면서 하베스팅 노드들에서 획득할 수 있는 에너지양을 최대화할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0019] 도 1은 일 실시 예에 따른 전체 시스템을 설명하는 도면이다.
- 도 2는 일 실시 예에 따른 위상 인지 방향성 알에프 에너지 전송 시스템을 설명하는 도면이다.
- 도 3은 일 실시 예에 따른 위상 인지 방향성 알에프 에너지 전송 방법을 통해 정책 테이블을 구성하는 플로우 차트이다.
- 도 4는 알에프 에너지 공급원에서 사용할 수 있는 에너지의 상한선의 영향을 보여준다
- 도 5는 하베스팅 노드에서 버려지는 패킷 수의 상한선의 영향을 보여준다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 본 명세서에 개시되어 있는 본 발명의 개념에 따른 실시 예들에 대해서 특정한 구조적 또는 기능적 설명들은 단지 본 발명의 개념에 따른 실시 예들을 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로서, 본 발명의 개념에 따른 실시 예들은 다양한 형태로 실시될 수 있으며 본 명세서에 설명된 실시 예들에 한정되지 않는다.
- [0021] 본 발명의 개념에 따른 실시 예들은 다양한 변경들을 가할 수 있고 여러 가지 형태들을 가질 수 있으므로 실시 예들을 도면에 예시하고 본 명세서에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 개념에 따른 실시 예들을 특정한 개시형태들에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.
- [0022] 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.
- [0023] 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.
- [0024] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예들을 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 실시된 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.
- [0025] 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.
- [0027] 이하, 실시 예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 그러나, 본 발명의 권리범위가 이러한 실시 예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.
- [0028] 도 1은 일 실시 예에 따른 전체 시스템을 설명하는 도면이다.
- [0029] 도 1은 본 발명의 시스템 모델을 보여준다. 일반적으로 에너지 하베스팅 네트워크는 크게 1) 하베스팅 노드와 2) 알에프 에너지 공급원으로 구성된다.
- [0030] 하베스팅 노드는 알에프 에너지를 하베스팅할 수 있는 센서나 user equipment(UE)와 같은 네트워크 노드를 나타낸다. 한편, 알에프 에너지 공급원은 알에프 에너지를 전송할 수 있는 Wi-Fi AP(access point)나 eNB(evolved NodeB)를 나타낸다. 본 발명에서는 알에프 에너지 공급원들은 지향성 안테나(directional 안테나)를 사용하여 에너지 전송을 수행하고 논리적으로 중앙 집중화된 컨트롤러에 연결되어 있는 것으로 가정한다.
- [0031] 안테나의 방향과 beam width를 기준으로 지리적 영역은 몇 개의 섹터로 나뉘어진다. 도면부호 110은 90° directional 안테나를 사용하였을 경우, 하나의 알에프 에너지 공급원이 4개의 섹터를 가지는 경우를 보여준다. 이때, 하베스팅 노드는 한 개 이상의 섹터에 포함될 수 있다. 예를 들어, 도 1의 하베스팅 노드(HN) 1(120)와 같은 경우이다. 이를 나타내기 위해 하베스팅 노드가 포함된 알에프 에너지 공급원들의 섹터들을 표시하는 벡터 Z_i 를 정의한다.
- [0032] 즉, $Z_i = [z_i^1, z_i^2, \dots, z_i^{N_s}]$ 로 정의될 수 있다.
- [0033] 여기서 N_s 는 알에프 에너지 공급원의 수를 나타내고, z_i^k 는 하베스팅 노드가 포함된 k번째 알에프 에너지 공급원

의 섹터를 나타낸다. 예를 들어, HN 1(120)은 알에프 에너지 공급원 1의 섹터 2와 알에프 에너지 공급원 2의 섹터 1에 포함되기 때문에 $Z_1 = [2, 1, 0]$ 으로 나타낼 수 있다.

[0034] 한편, 같은 주파수 대역에서 하나의 하베스팅 노드가 다수 개의 알에프 에너지 공급원에서 전송되는 알에프 시그널을 동시에 받았을 경우, 도착한 알에프 에너지 시그널들의 위상차에 따라 하베스팅 노드에서 획득할 수 있는 에너지량이 달라진다. 구체적으로 알에프 에너지 시그널의 위상차가 작은 경우 (즉, $\Delta\phi \leq \pi/2$) 해당 시그널들은 건설적으로 결합될 수 있다. k번째 알에프 에너지 공급원에서 i번째 하베스팅 노드에 도착하는 알에프 시그널의 위상 ϕ_i^k 는 k번째 알에프 에너지 공급원과 i번째 하베스팅 노드 사이 거리에 의해 결정된다. 즉, ϕ_i^k 는 람다(파장)가 알에프 시그널의 wave length라 할 때, $(L_i^k/\lambda)2\pi$ 로 예측될 수 있다. ϕ_i^k 를 기반으로 알에프 에너지 공급원들은 몇 개의 그룹으로 나눌 수 있다. i번째 하베스팅 노드에 대한 k번째 알에프 에너지 공급원의 그룹은 다음과 같이 정의된다.

$$g_i^k = \begin{cases} 1, & \text{if } 0 \leq \text{mod} \left(\frac{L_i^k}{\lambda} \cdot 2\pi, 2 \right) < \frac{\pi}{2} \\ 2, & \text{if } \frac{\pi}{2} \leq \text{mod} \left(\frac{L_i^k}{\lambda} \cdot 2\pi, 2 \right) < \pi \\ 3, & \text{if } \pi \leq \text{mod} \left(\frac{L_i^k}{\lambda} \cdot 2\pi, 2 \right) < \frac{3\pi}{2} \\ 4, & \text{if } \frac{3\pi}{2} \leq \text{mod} \left(\frac{L_i^k}{\lambda} \cdot 2\pi, 2 \right) < 2\pi \end{cases}$$

[0035]

[0036] 여기서 $\text{mod}(n, m)$ 는 n을 m으로 나누었을 때 나머지를 반환하는 modulo 함수를 의미한다.

[0037] 다른 그룹에 속해 있는 알에프 에너지 공급원에서 초기 위상을 변화시켜 전송하면 해당 시그널들을 건설적으로 결합할 수 있다. 예를 들어, 그룹 2와 4에 속해있는 알에프 에너지 공급원의 초기 위상을 $-\frac{\pi}{2}$ 와 $-\frac{3\pi}{2}$ 로 전송하였을 경우, 해당 시그널들은 건설적으로 결합된다. i번째 하베스팅 노드에 대한 알에프 에너지 공급원들의 그룹을 나타내기 위해 벡터 G_i 를 $G_i = [g_i^1, g_i^2, \dots, g_i^{N_s}]$ 로 정의한다.

[0038] 한편, 하베스팅 노드의 에너지 저장소의 용량을 E 로 가정하면 i번째 하베스팅 노드에 대한 에너지 상태를 $e_i = \{0, 1, 2, \dots, E\}$ 로 정의할 수 있다. 하베스팅 노드는 에너지 저장소의 에너지를 사용하여 패킷 전송을 수행한다. 에너지가 없을 경우에 하베스팅 노드에 도착한 패킷은 단순히 버려지는 것으로 가정한다.

[0039] 모든 알에프 에너지 공급원이 컨트롤러에 연결되어 있기 때문에 컨트롤러에서 Z_i , G_i , e_i 의 정보를 유지할 수 있다. 이 정보들을 이용하여 컨트롤러는 알에프 에너지 공급원과 해당 알에프 에너지 공급원이 전송해야 할 방향 및 초기 위상으로 구성된 정책 테이블을 만들고 이를 각 알에프 에너지 공급원에게 전달한다.

[0041] 도 2는 일 실시 예에 따른 위상 인지 방향성 알에프 에너지 전송 시스템을 설명하는 도면이다.

[0042] 에너지 전송 장치, 에너지 전송 서버 등으로 명명될 수도 있는 방향성 알에프 에너지 전송 시스템(200)은 산출부(210), 정책 테이블 생성부(220) 및 정책 테이블 제공부(230)를 포함할 수 있다.

[0043] 산출부(210)는 정책 테이블을 생성하기 위한 정보들을 산출할 수 있다. 일 예로, 정책 테이블을 생성하기 위한 정보들은 산출부(210)에서 직접 연산하여 산출할 수도 있지만, 외부로부터 수신한 정보들을 가공하여 산출할 수도 있다.

[0044] 구체적으로, 산출부(210)는 하베스팅 노드(harvesting node)가 포함된 알에프(Radio Frequency, RF) 에너지 공급원들의 섹터들을 표시하는 벡터(Z_i)를 산출할 수 있다. 또한, 산출부(210)는 i번째 하베스팅 노드에 대한 알에프(Radio Frequency, RF) 에너지 공급원들의 그룹을 나타내는 벡터(G_i)를 산출할 수 있다. 또한, 산출부(210)는 i번째 하베스팅 노드에 대한 에너지 상태(e_i)를 산출할 수 있다.

[0045] 다음으로, 정책 테이블 생성부(220)는 산출된 정보에 기초하여, 특정 알에프 에너지 공급원이 전송해야 할 방향

및 초기 위상에 대한 정보를 나타내는 정책 테이블을 생성할 수 있다.

- [0046] 정책 테이블 제공부(230)는 생성된 정책 테이블을 각 알에프 에너지 공급원에게 제공할 수 있다.
- [0047] 다른 예로, 산출부(210)는 특정 하베스팅 노드에서 획득할 수 있는 에너지 양을 고려하여 i 번째 하베스팅 노드에 대한 k 번째 알에프 에너지 공급원의 그룹을, 위상의 범위에 따라 복수 개로 구분하여 산출할 수 있다.
- [0048] 또한, 산출부(210)는 하베스팅 노드의 에너지 저장소의 용량을 고려하여, 상기 i 번째 하베스팅 노드에 대한 에너지 상태(e_i)를 산출할 수 있다.
- [0049] 정책 테이블 생성부(220)는 산출한 벡터(Z_i)에 기초하여 하베스팅 노드들의 위치를 수집하고, 산출한 벡터(G_i)에 기초하여 하베스팅 노드들의 에너지 정보를 수집하여 정보 변화가 있을 경우에 정책 테이블을 생성할 수 있다.
- [0050] 실시 예에 따라, 정책 테이블 생성부(220)는 상기 정보 변화가 없는 경우에 상기 산출한 벡터(Z_i)에 기초하여 하베스팅 노드들의 위치 및 상기 산출한 벡터(G_i)에 기초하여 하베스팅 노드들의 에너지 정보를 일정 주기 이후에 다시 수집할 수도 있다.
- [0051] 또 다른 실시 예에 따른 정책 테이블 생성부(220)는 CMDP(constraint Markov decision process)를 적용하여, 사용되는 에너지와 harvesting node에서 버려지는 packet의 수를 임계값 이하로 낮추는 과정을 통해 최적화를 진행한 후, 상기 정책 테이블을 생성할 수 있다.
- [0052] 정책 테이블 제공부(230)는, 현재 생성된 정책 테이블과 이전의 정책 테이블 간 차이를 확인하고, 차이가 있는 경우에 상기 각 알에프 에너지 공급원에게 현재 생성된 정책 테이블을 제공할 수 있다.
- [0054] 도 3은 일 실시 예에 따른 위상 인지 방향성 알에프 에너지 전송 방법을 통해 정책 테이블을 구성하는 플로우 차트이다.
- [0055] 도 3은 컨트롤러에서 정책 테이블을 만드는 플로우 차트를 나타낸다. 플로우 차트는 크게 두 단계의 과정으로 구성된다. 첫 번째는 정책 테이블을 만들기 위해 필요한 정보를 수집하는 과정과, 두 번째는 수집된 정보를 기반으로 정책 테이블을 구성하고 분배하는 과정이다.
- [0056] 첫 번째 단계에서 위상 인지 방향성 알에프 에너지 전송 방법은 하베스팅 노드가 포함된 알에프 에너지 공급원들의 섹터들을 표시하는 벡터(Z_i), i 번째 하베스팅 노드에 대한 알에프 에너지 공급원들의 그룹을 나타내는 벡터(G_i), i 번째 하베스팅 노드에 대한 에너지 상태(e_i)를 수집 또는 산출할 수 있다.
- [0057] 즉, 위상 인지 방향성 알에프 에너지 전송 방법은 하베스팅 노드들의 위치를 수집한다(단계 301).
- [0058] 그 후, 위상 인지 방향성 알에프 에너지 전송 방법은 하베스팅 노드들의 에너지 정보를 수집하고(단계 302), 정보 변화가 있는지 여부를 판단할 수 있다(단계 303).
- [0059] 단계 303의 판단 결과, 정보 변화가 있는 경우에 정책 테이블을 구성하는 단계(단계 304)로 넘어가고 그렇지 않을 경우에는 주기적으로 정보를 수집한다(단계 302).
- [0060] 위상 인지 방향성 알에프 에너지 전송 방법은 산출된 정보에 기초하여, 특정 알에프 에너지 공급원이 전송해야 할 방향 및 초기 위상에 대한 정보를 나타내는 정책 테이블을 생성(구성)할 수 있다.
- [0061] 위상 인지 방향성 알에프 에너지 전송 방법은 수집된 정보를 바탕으로 정책 테이블이 구성할 수 있는데(단계 304) 이를 최적화하기 위해 본 발명에서는 CMDP(constraint Markov decision process)를 통해 테이블을 구성할 수 있다.
- [0062] CMDP는 현재 상태와 미래 상태를 동시에 고려하였을 때 알에프 에너지 공급원들에서 사용되는 에너지와 에너지 부족으로 인해 하베스팅 노드에서 버려지는 패킷의 수를 일정 수준 이하로 낮추면서 하베스팅 노드들에서 하베스팅할 수 있는 에너지의 양을 최대화하는 것을 목표로 구성된다.
- [0063] 위상 인지 방향성 알에프 에너지 전송 방법은 정책 테이블의 변화를 판단할 수 있다(단계 305).
- [0064] 만약, 구성된 정책 테이블과 종전의 정책 테이블과의 차이가 있다면 위상 인지 방향성 알에프 에너지 전송 방법은 알에프 에너지 공급원들에게 새로운 정책 테이블을 분배할 수 있다(단계 306). 그렇지 않다면 정보 수집 단

계로 다시 회귀한다(단계 301). 이와 같은 정책 테이블 구성을 주기적으로 실행하는 것으로 최적의 방향성 알에프 전송을 수행할 수 있다.

[0066] 도 4는 알에프 에너지 공급원에서 사용할 수 있는 에너지의 상한선의 영향을 보여준다.

[0067] 도 4는 알에프 에너지 공급원에서 사용할 수 있는 에너지의 상한선(즉, θ_E)을 변화시키면서 하베스팅 노드에서 하베스팅한 에너지의 양(즉, ζ_E)과 알에프 에너지 공급원에서 사용된 에너지의 양(즉, ξ_E)을 관찰한 그래프(400)이다. 두 그래프에서 PA-DETA가 ξ_E 을 θ_E 보다 아래로 유지하면서 가장 많은 ζ_E 을 얻고 있는 것을 확인할 수 있다. 이는 PA-DETA가 충분한 수의 하베스팅 노드가 있는 섹터로 에너지를 전송할 뿐 아니라 해당 하베스팅 노드들이 어떤 그룹에 속해있는지 판단하고 알에프 시그널이 건설적으로 결합될 수 있도록 초기 위상을 조정하기 때문이다.

[0069] 도 5는 하베스팅 노드에서 버려지는 패킷 수의 상한선의 영향을 보여준다.

[0070] 도 5는 하베스팅 노드에서 버려지는 패킷 수의 상한선(즉, θ_L)을 변화시키면서 하베스팅 노드에서 하베스팅한 에너지의 양(즉, ζ_E)과 하베스팅 노드에서 버려지는 패킷 수(즉, ξ_L)를 관찰한 그래프(500)이다. 두 그래프에서 PA-DETA가 가장 낮은 ξ_L 을 유지하면서 가장 많은 ζ_E 을 얻고 있는 것을 확인할 수 있다.

[0071] 이는 알에프 에너지 공급원들이 최적의 방향과 위상을 에너지를 전송하였을 때(즉, PA-DETA를 사용하였을 경우), 하베스팅 노드가 에너지를 가지고 있지 않은 상황이 거의 발생하지 않는 것을 의미한다.

[0072] 결국, 본 발명을 이용하는 경우 다수 개의 알에프 에너지 공급원이 존재하는 상황에서 알에프 에너지 공급원들에서 사용되는 에너지 및 에너지 부족으로 인해 하베스팅 노드에서 버려지는 패킷의 수를 일정 수준 이하로 낮추면서 하베스팅 노드들에서 획득할 수 있는 에너지양을 최대화할 수 있다.

[0074] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시 예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 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(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 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.

[0075] 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, 가상장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embodiment)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.

[0076] 실시 예에 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 실시 예를 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 실시 예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0077] 이상과 같이 실시 예들이 비록 한정된 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.

[0078] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시 예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

[0080] 200: 위상 인지 방향성 알에프 에너지 전송 시스템

210: 산출부

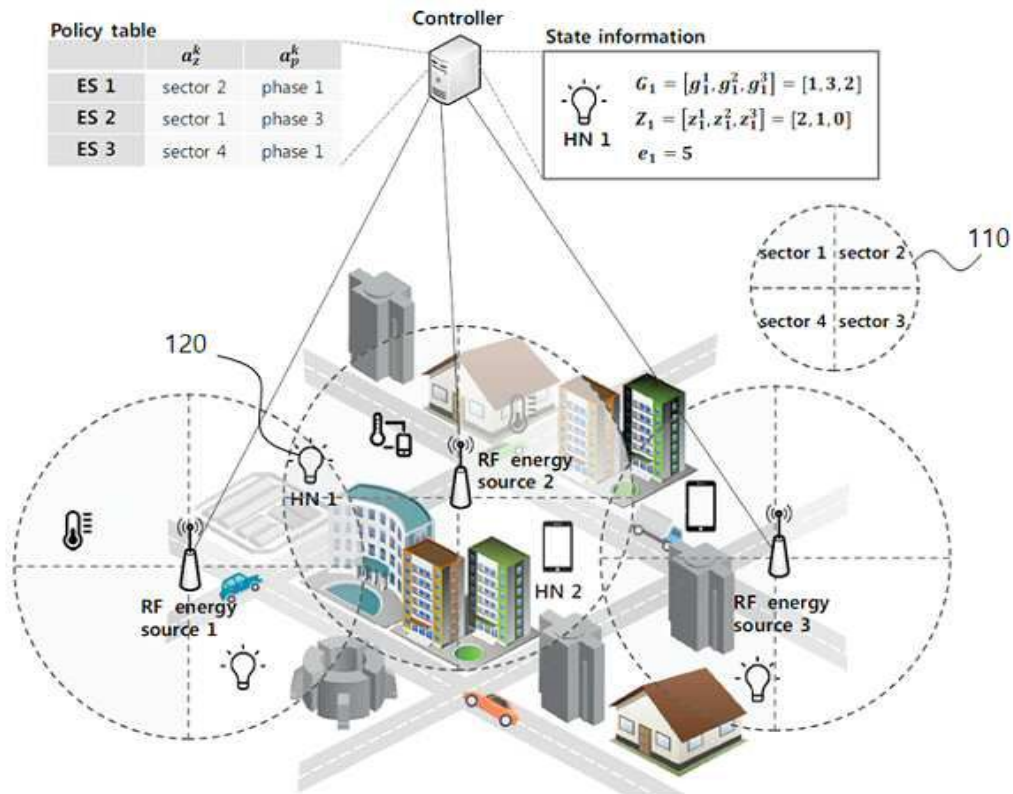
220: 정책 테이블 생성부

230: 정책 테이블 제공부

도면

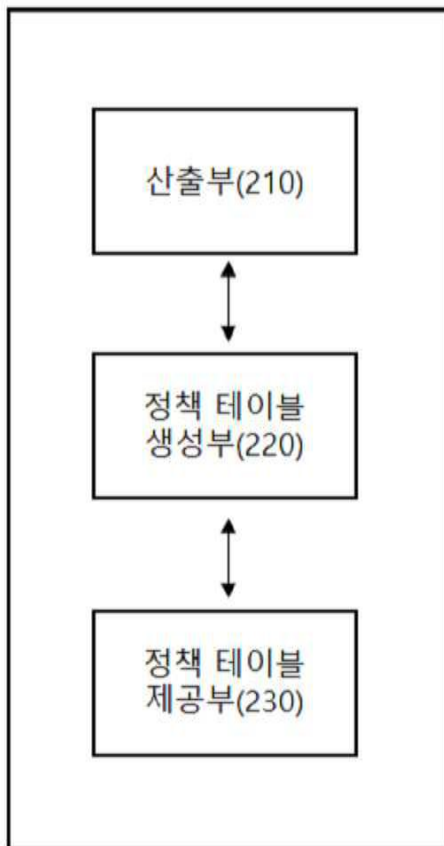
도면1

100

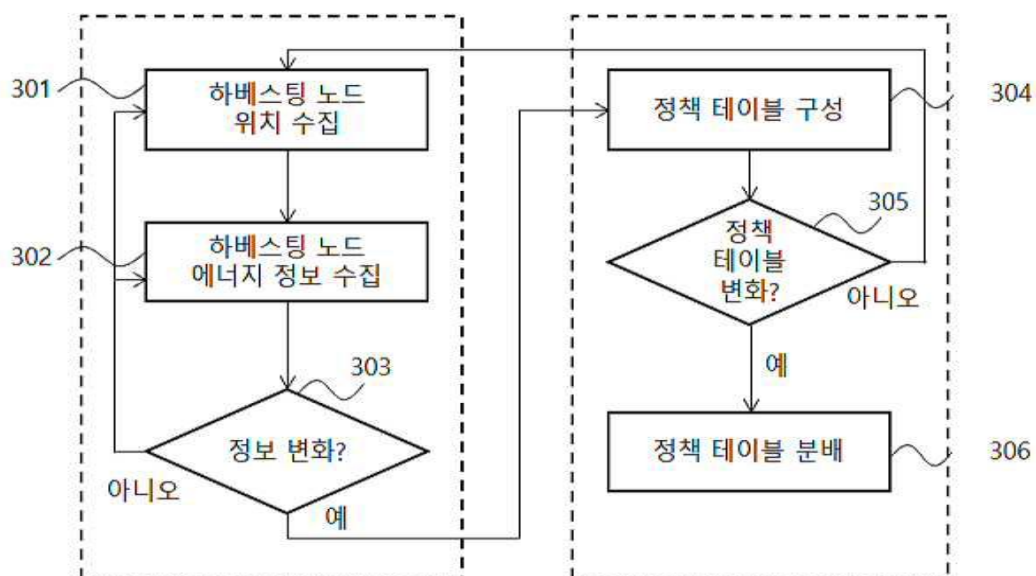


도면2

200

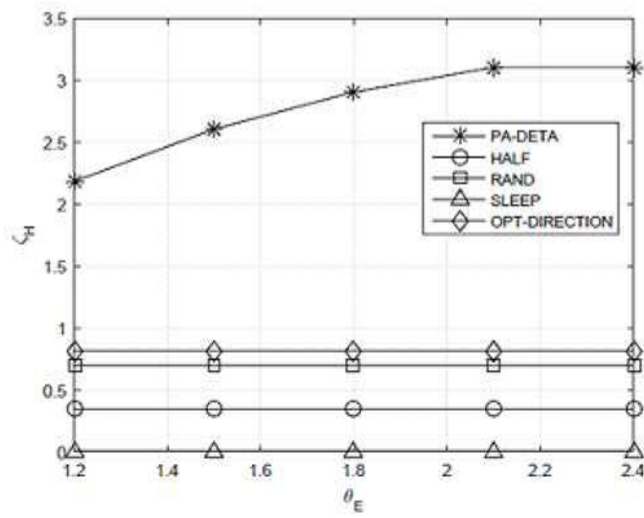


도면3

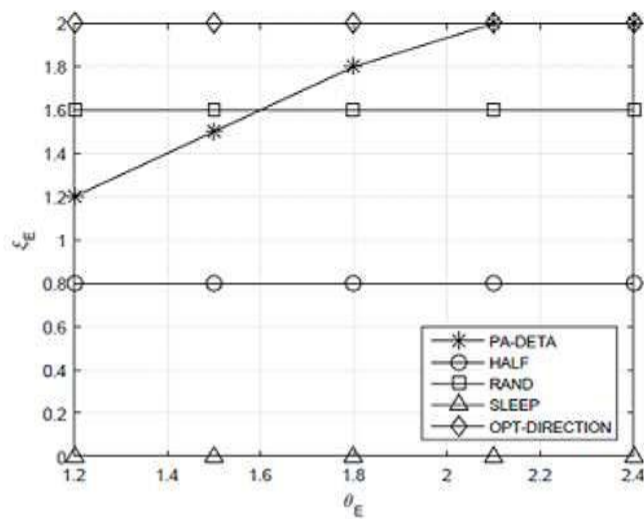


도면4

400

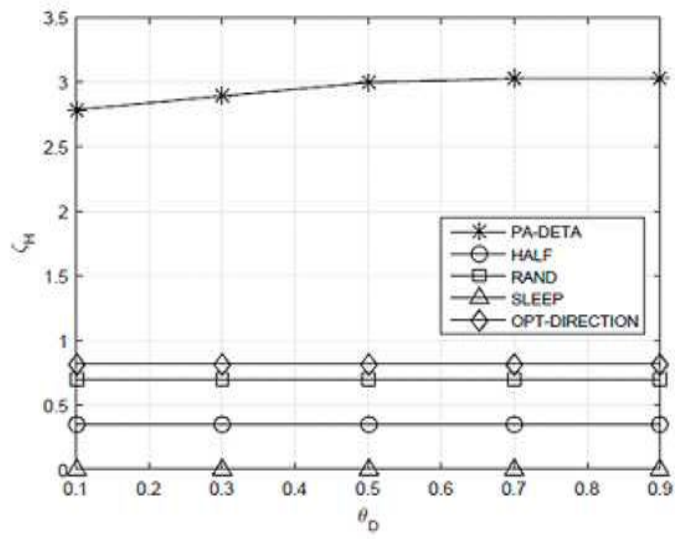


(a) ζ_H .



도면5

500



(a) ζ_H .

