



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0109045
(43) 공개일자 2013년10월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04W 56/00 (2009.01)

(21) 출원번호 10-2013-0030015

(22) 출원일자 2013년03월20일

심사청구일자 없음

(30) 우선권주장

1020120030809 2012년03월26일 대한민국(KR)

기술이전 희망 : 기술양도, 실시권허여, 기술지도

(71) 출원인

한국전자통신연구원

대전광역시 유성구 가정로 218 (가정동)

(72) 발명자

김정현

대전 유성구 신성동 254번지 206호

김지형

대전 유성구 지족동 열매마을아파트 305동 501호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

팬코리아특허법인

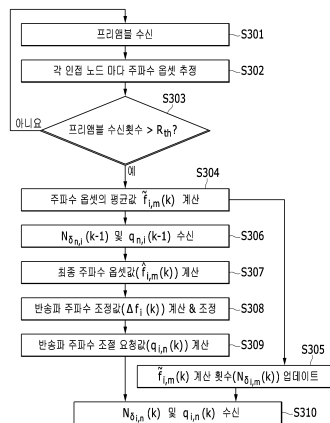
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 분산 네트워크에서의 주파수 동기화 방법

(57) 요약

본 발명은 분산 네트워크에 포함된 노드의 반송파 주파수 동기화 방법 및 장치에 관한 것으로, 본 발명의 실시예에 따른 주파수 옵셋 추정부, 옵셋 평균값 계산부, 주파수 조정값 계산부를 포함하는 반송파 주파수 동기화 장치는, 노드에 인접한 복수의 인접 노드로부터 프리앰블을 수신하는 단계, 수신한 프리앰블로부터 반송파 주파수의 옵셋(offset)을 복수의 인접 노드 마다 각각 추정하는 단계, 추정된 옵셋의 평균값을 계산하는 단계, 평균값을 이용하여 복수의 인접 노드 전체에 대한 상기 반송파 주파수의 조정값을 계산하는 단계, 그리고 조정값을 바탕으로 노드의 반송파 주파수를 조정하는 단계를 통해 반송파 주파수를 조정한다.

대표도 - 도3



(72) 발명자

김현재

인천광역시 부평구 삼산동 삼산타운 주공아파트
709동 1201호

임광재

대전 유성구 관평동 운암네오미아 아파트 612동
901호

권동승

대전광역시 유성구 전민동 엑스포아파트 204동
1304호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10913-04003

부처명 방송통신위원회

연구사업명 방송통신기술개발사업(원천기술개발사업)

연구과제명 차세대 기동노드간 적응형 무선메쉬 통신 시스템 연구개발

주관기관 한국전자통신연구원

연구기간 2010.03.01~2013.02.28

특허청구의 범위

청구항 1

분산 네트워크로 진입한 노드의 반송파 주파수 동기화 방법으로서,
 상기 노드에 인접한 복수의 인접 노드로부터 프리앰블을 수신하는 단계,
 수신한 프리앰블로부터 상기 반송파 주파수의 오프셋(offset)을 상기 복수의 인접 노드 마다 각각 추정하는 단계,
 상기 추정한 오프셋의 평균값을 계산하는 단계,
 상기 평균값을 이용하여 상기 복수의 인접 노드 전체에 대한 상기 반송파 주파수의 조정값을 계산하는 단계, 그
 리고
 상기 조정값을 바탕으로 상기 노드의 반송파 주파수를 조정하는 단계
 를 포함하는 반송파 주파수 동기화 방법.

청구항 2

제1항에서,
 상기 인접 노드는,
 상기 복수의 인접 노드 중, 상기 노드에서 미리 정해진 횟수 이상 수신된 프리앰블을 전송한 노드인 반송파 주
 파수 동기화 방법.

청구항 3

제1항에서,
 상기 인접 노드는,
 상기 분산 네트워크가 계층 구조일 때, 글로벌 위치결정 시스템(global positioning system, GPS)을 포함하는
 노드 또는 상기 GPS를 포함하는 노드와 동기화된 노드인 반송파 주파수 동기화 방법.

청구항 4

제2항에서,
 상기 조정값과 상기 평균값을 통하여 상기 반송파 주파수의 조정 요청값을 계산하고, 계산한 조정 요청값을 송
 신하는 단계
 를 더 포함하는 반송파 주파수 동기화 방법.

청구항 5

제4항에서,
 상기 오프셋의 평균값 계산 횟수를 업데이트하는 단계, 그리고
 업데이트한 평균값 계산 횟수를 송신하는 단계
 를 더 포함하는 반송파 주파수 동기화 방법.

청구항 6

제5항에서,
 상기 조정값을 계산하는 단계는,
 상기 인접 노드 중 제1 노드로부터 상기 제1 노드에서 계산한 상기 조정 요청값을 수신하는 단계,

상기 제1 노드로부터 상기 제1 노드에서 업데이트한 상기 읍셋의 평균값 계산 횟수를 수신하는 단계,

수신한 읍셋의 평균값 계산 횟수로부터 산출한 델타(δ)값, 수신한 조정 요청값, 그리고 상기 평균값을 이용하여 상기 제1 노드에 대한 최종 주파수 읍셋값을 계산하는 단계, 그리고

상기 최종 주파수 읍셋값을 이용하여 상기 복수의 인접 노드 전체에 대한 상기 반송파 주파수의 조정값을 계산하는 단계

를 포함하는 반송파 주파수 동기화 방법.

청구항 7

제5항에서,

상기 읍셋의 평균값 계산 횟수가 미리 설정된 횟수를 초과하면, 상기 평균값 계산 횟수를 상수(N_{th})로 고정하는 단계

를 더 포함하는 반송파 주파수 동기화 방법.

청구항 8

제7항에서,

상기 조정값을 계산하는 단계는,

상기 인접 노드 중 제1 노드로부터 상기 제1 노드에서 계산한 상기 조정 요청값을 수신하는 단계, 고정된 읍셋

의 평균값 계산 횟수로부터 산출한 델타(δ)값, 수신한 조정 요청값, 그리고 상기 평균값을 이용하여 상기 제1 노드에 대한 최종 주파수 읍셋값을 계산하는 단계, 그리고

상기 최종 주파수 읍셋값을 이용하여 상기 복수의 인접 노드 전체에 대한 상기 반송파 주파수의 조정값을 계산하는 단계

를 포함하는 반송파 주파수 동기화 방법.

청구항 9

분산 네트워크에 포함된 노드의 반송파 주파수 동기화 장치로서,

상기 노드에 인접한 복수의 인접 노드로부터 프리앰블을 수신하는 통신부,

수신한 프리앰블로부터 상기 반송파 주파수의 읍셋(offset)을 상기 복수의 인접 노드 마다 각각 추정하는 주파수 읍셋 추정부,

상기 추정한 읍셋의 평균값을 계산하는 읍셋 평균값 계산부,

상기 평균값을 이용하여 상기 복수의 인접 노드 전체에 대한 상기 반송파 주파수의 조정값을 계산하는 주파수 조정값 계산부, 그리고

상기 조정값을 바탕으로 상기 노드의 반송파 주파수를 조정하는 주파수 조정부

를 포함하는 반송파 주파수 동기화 장치.

청구항 10

제9항에서,

상기 인접 노드는,

상기 복수의 인접 노드 중, 상기 노드에서 미리 정해진 횟수 이상 수신된 프리앰블을 전송한 노드인 반송파 주파수 동기화 장치.

청구항 11

제9항에서

상기 인접 노드는,

상기 분산 네트워크가 계층 구조일 때, 글로벌 위치결정 시스템(global positioning system, GPS)을 포함하는 노드 또는 상기 GPS를 포함하는 노드와 동기화된 노드인 반송파 주파수 동기화 장치.

청구항 12

제10항에서,

상기 조정값과 상기 평균값을 통하여 상기 반송파 주파수의 조정 요청값을 계산하고, 계산한 조정 요청값을 송신하는 조정 요청값 산출부

를 더 포함하는 반송파 주파수 동기화 장치.

청구항 13

제12항에서,

상기 읍셋의 평균값 계산 횟수를 업데이트하고, 업데이트한 평균값 계산 횟수를 상기 통신부로 전송하는 횟수 연산부

를 더 포함하는 반송파 주파수 동기화 장치.

청구항 14

제13항에서,

상기 조정값 계산부는,

상기 인접 노드 중 제1 노드로부터 상기 제1 노드에서 계산한 상기 조정 요청값을 수신하고, 상기 제1 노드로부터 상기 제1 노드에서 업데이트한 상기 읍셋의 평균 계산 횟수를 수신하며,

수신한 읍셋의 평균값 계산 횟수로부터 산출한 델타(δ)값, 수신한 조정 요청값, 그리고 상기 평균값을 이용하여 상기 제1 노드에 대한 최종 주파수 읍셋값을 계산하고, 계산한 최종 주파수 읍셋값을 이용하여 상기 복수의 인접 노드 전체에 대한 상기 반송파 주파수의 조정값을 계산하는 반송파 주파수 동기화 장치.

청구항 15

제13항에서,

상기 횟수 연산부는,

상기 읍셋의 평균값 계산 횟수가 미리 설정된 횟수를 초과하면, 상기 평균값 계산 횟수를 상수(N_{th})로 고정하는 반송파 주파수 동기화 장치.

청구항 16

제15항에서,

상기 조정값 계산부는,

상기 인접 노드 중 제1 노드로부터 상기 제1 노드에서 계산한 상기 조정 요청값을 수신하고,

고정한 읍셋의 평균값 계산 횟수로부터 산출한 델타(δ)값, 수신한 조정 요청값, 그리고 상기 평균값을 이용하여 상기 제1 노드에 대한 최종 주파수 읍셋값을 계산하고, 계산한 최종 주파수 읍셋값을 이용하여 상기 복수의 인접 노드 전체에 대한 상기 반송파 주파수의 조정값을 계산하는 반송파 주파수 동기화 장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 분산 네트워크에서의 주파수 동기화 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 직교 주파수 분할 다중화 접속(orthogonal frequency division multiple access, OFDMA) 기반 시스템에서는 각 노드의 이동속도, 오실레이터(oscillator) 오차, 추정 오차 등에 의해 주파수 오프셋(offset)이 발생할 수 있다. 이러한 주파수 오프셋은 노드 간 간섭을 발생시켜 전체 시스템의 성능을 열화시킨다.

[0003] 특히 다수의 노드가 존재하는 분산 네트워크에서는, 각 노드가 모든 인접 노드들과 각각 동기화를 수행해야 하고, 어느 한 노드에 대해서 동기화 되었다 하더라도 동기화 되지 않은 다른 인접 노드에 의해서 간섭이 발생할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 따라서, 본 발명의 실시 예에서는, 분산 네트워크에 적용할 수 있는 유동적이고 유기적인 주파수 오프셋 동기화 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0005] 본 발명의 한 실시예에 따르면, 분산 네트워크에 포함된 노드의 반송파 주파수 동기화 방법이 제공된다. 상기 반송파 주파수 동기화 방법은, 노드에 인접한 복수의 인접 노드로부터 프리앰블을 수신하는 단계, 수신된 프리앰블로부터 상기 반송파 주파수의 오프셋(offset)을 상기 복수의 인접 노드 마다 각각 추정하는 단계, 상기 추정된 오프셋의 평균값을 계산하는 단계, 상기 평균값을 통해 상기 반송파 주파수의 조정값을 상기 복수의 인접 노드 전체에 대하여 계산하는 단계, 그리고 상기 조정값을 바탕으로 상기 노드의 반송파 주파수를 조정하는 단계를 포함한다.

[0006] 상기 반송파 주파수 동기화 방법에서 상기 인접 노드는, 상기 노드가 상기 복수의 인접 노드 중 특정 노드로부터 미리 정해진 횟수 이상 프리앰블을 수신한 경우, 상기 특정 노드일 수 있다.

[0007] 상기 반송파 주파수 동기화 방법에서 상기 인접 노드는, 상기 분산 네트워크가 계층 구조일 때, 상기 노드의 원홉(one-hop) 노드 중 범지구 위치결정 시스템(global positioning system, GPS)을 포함하는 노드 또는 상기 GPS를 포함하는 노드와 동기화된 노드일 수 있다.

[0008] 상기 반송파 주파수 동기화 방법은, 상기 조정값과 상기 평균값을 통하여 상기 반송파 주파수의 조정 요청값을 계산하고, 계산된 조정 요청값을 송신하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0009] 상기 반송파 주파수 동기화 방법은, 상기 오프셋의 평균값 계산 횟수를 업데이트하는 단계, 그리고 업데이트된 평균값 계산 횟수를 송신하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0010] 상기 반송파 주파수 동기화 방법에서 상기 조정값을 계산하는 단계는, 상기 인접 노드로부터 상기 인접 노드에서 계산된 상기 조정 요청값을 수신하는 단계, 상기 인접 노드로부터 상기 인접 노드에서 업데이트된 상기 오프셋의 평균값 계산 횟수를 수신하는 단계, 그리고 수신된 조정 요청값, 수신된 오프셋의 평균값 계산 횟수로부터 산

출된 델타(δ)값 및 상기 평균값을 이용하여 상기 인접 노드 전체에 대한 상기 반송파 주파수의 조정값을 계산하는 단계를 포함할 수 있다.

[0011] 상기 반송파 주파수 동기화 방법은, 상기 오프셋의 평균값 계산 횟수가 미리 설정된 횟수를 초과하면, 상기 평균값 계산 횟수를 상수(N^{th})로 고정하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0012] 상기 반송파 주파수 동기화 방법에서 상기 조정값을 계산하는 단계는, 상기 인접 노드로부터 상기 인접 노드에서 계산된 상기 조정 요청값을 수신하는 단계, 그리고 수신된 조정 요청값, 고정된 오프셋의 평균값 계산 횟수로

부터 산출된 델타(δ)값 및 상기 평균값을 이용하여 상기 인접 노드 전체에 대한 상기 반송파 주파수의 조정값을 계산하는 단계를 포함할 수 있다.

[0013] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 분산 네트워크에 포함된 노드의 반송파 주파수 동기화 장치가 제공된다. 상기 반송파 주파수 동기화 장치는, 상기 노드에 인접한 복수의 인접 노드로부터 프리앰블을 수신하는 통신부, 수신된 프리앰블로부터 상기 반송파 주파수의 오프셋(offset)을 상기 복수의 인접 노드 마다 각각 추정하는 주파수 오프셋 추정부, 상기 추정된 오프셋의 평균값을 계산하는 오프셋 평균값 계산부, 상기 평균값을 통해 상기 반송파 주파수의 조정값을 상기 복수의 인접 노드 전체에 대하여 계산하는 주파수 조정값 계산부, 그리고 상기 조정값을 바탕으로 상기 노드의 반송파 주파수를 조정하는 주파수 조정부를 포함한다.

[0014] 상기 반송파 주파수 동기화 장치에서 상기 인접 노드는, 상기 노드가 상기 복수의 인접 노드 중 특정 노드로부터 미리 정해진 횟수 이상 프리앰블을 수신한 경우, 상기 특정 노드일 수 있다.

[0015] 상기 반송파 주파수 동기화 장치에서 상기 인접 노드는, 상기 분산 네트워크가 계층 구조일 때, 상기 노드의 원홉(one-hop) 노드 중 범지구 위치결정 시스템(global positioning system, GPS)을 포함하는 노드 또는 상기 GPS를 포함하는 노드와 동기화된 노드일 수 있다.

[0016] 상기 반송파 주파수 동기화 장치는, 상기 조정값과 상기 평균값을 통하여 상기 반송파 주파수의 조정 요청값을 계산하고, 계산된 조정 요청값을 송신하는 조정 요청값 산출부를 더 포함할 수 있다.

[0017] 상기 반송파 주파수 동기화 장치는, 상기 오프셋의 평균값 계산 횟수를 업데이트하고, 업데이트된 평균값 계산 횟수를 상기 통신부로 전송하는 횟수 연산부를 더 포함할 수 있다.

[0018] 상기 반송파 주파수 동기화 장치에서 상기 조정값 계산부는, 상기 인접 노드로부터 상기 인접 노드에서 계산된 상기 조정 요청값을 수신하고, 상기 인접 노드로부터 상기 인접 노드에서 업데이트된 상기 오프셋의 평균 계산 횟수를 수신하며, 수신된 조정 요청값, 수신된 오프셋의 평균값 계산 횟수로부터 산출된 델타(δ)값 및 상기 평균값을 이용하여 상기 인접 노드 전체에 대한 상기 반송파 주파수의 조정값을 계산할 수 있다.

[0019] 상기 반송파 주파수 동기화 장치에서 상기 횟수 연산부는, 상기 오프셋의 평균값 계산 횟수가 미리 설정된 횟수를 초과하면, 상기 평균값 계산 횟수를 상수(N_{th})로 고정할 수 있다.

[0020] 상기 반송파 주파수 동기화 장치에서 상기 조정값 계산부는, 상기 인접 노드로부터 상기 인접 노드에서 계산된 상기 조정 요청값을 수신하고, 수신된 조정 요청값, 고정된 오프셋의 평균값 계산 횟수로부터 산출된 델타(δ)값 및 상기 평균값을 이용하여 상기 인접 노드 전체에 대한 상기 반송파 주파수의 조정값을 계산할 수 있다.

발명의 효과

[0021] 이와 같이 본 발명의 한 실시예에 따르면, 제안된 알고리즘과 같은 방법을 통해 분산 네트워크 내로 진입한 노드는 자신의 반송파 주파수를 조정함으로써, 새로이 진입한 네트워크의 반송파 주파수와 동기화할 수 있다. 또한, 주기적으로 동기화할 필요가 있을 경우, 분산 네트워크 내의 각 노드는 낮은 오버헤드로 반송파 주파수를 주위 노드와 동기화할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 분산 네트워크를 나타낸 도면이다.

도 2는 본 발명의 한 실시예에 따른 반송파 주파수 동기화 장치를 나타낸 블록도이다.

도 3은 본 발명의 한 실시예에 따른 k번째 업데이트 시점일 때 노드 i에서 수행되는 주파수 동기화 과정을 나타낸 흐름도이다.

도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 주파수 오프셋의 평균값 계산 횟수를 제한하여 노드 i에서 수행되는 주파수 동기화 과정을 나타낸 흐름도이다.

도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 주파수 오프셋의 평균값 계산 횟수를 업데이트 하지 않고 노드 i에서 수행

되는 주파수 동기화 과정을 나타낸 흐름도이다.

도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 노드 i에서 수행되는 주파수 동기화 과정을 나타낸 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0023] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0024] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "...기", "모듈", "블록" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [0025] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 분산 네트워크를 나타낸 도면이다.
- [0026] 도 1을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 분산 네트워크는 통신 링크(110)로 연결된 복수의 노드(100)를 포함한다. 분산 네트워크에 포함된 각 노드는 인접 노드로부터 수신한 프리앰블을 이용하여 주파수를 동기화한다. 이때, 각 노드의 주파수 동기화 업데이트 주기는 인접 노드의 수를 고려하여 설정될 수 있다. 또는, 주파수 동기화 업데이트 주기는 미리 정해진 값으로 고정될 수도 있고, 인접 노드로부터의 프리앰블 수신 횟수로 정의될 수도 있다.
- [0027] 도 2는 본 발명의 한 실시예에 따른 반송파 주파수 동기화 장치를 나타낸 블록도이고, 도 3은 본 발명의 한 실시예에 따른 k번째 업데이트 시점일 때 노드 i에서 수행되는 주파수 동기화 과정을 나타낸 흐름도이다.
- [0028] 도 2를 참조하면, 본 발명의 한 실시예에 따른 반송파 주파수 동기화 장치(200)는, 통신부(210), 주파수 옵셋 추정부(220), 옵셋 평균값 계산부(230), 주파수 조정값 계산부(240), 그리고 주파수 조정부(250)를 포함한다. 또한, 조정 요청값 산출부(260), 그리고 횟수 연산부(270)를 더 포함할 수 있다.
- [0029] 통신부(210)는 분산 네트워크 내의 다른 노드로부터 프리앰블을 수신하고, 다른 노드로 프리앰블을 송신한다.
- 또한, 반송파 주파수 동기화 과정에서 만들어진 각종 파라미터(주파수 옵셋의 평균값 계산 횟수($N_s(k)$) 및 반송파 주파수 조정 요청값($q(k)$) 등)를 송수신할 수 있다. 각종 파라미터의 송수신 여부는 각 노드에서 본 발명의 실시예에 따른 알고리즘을 수행할 때 필요한 오버헤드에 따라서 결정될 수 있다.
- [0030] 주파수 옵셋 추정부(220)는 분산 네트워크 내의 각 노드로부터 수신한 프리앰블을 이용하여 해당 노드의 주파수 옵셋을 추정한다. 즉, 주파수 옵셋 추정부(220)에서는 각 노드별로 프리앰블을 수신한 횟수만큼 주파수 옵셋을 추정한다.
- [0031] 옵셋 평균값 계산부(230)는 분산 네트워크 내의 각 노드에 대해서 추정한 주파수 옵셋의 평균값을 계산한다. 주파수 옵셋 추정부(220)에서 분산 네트워크 내의 특정 노드에 대한 주파수 옵셋을 수 회 추정하면, 옵셋 평균값 계산부(230)에서는 각 노드 마다 추정한 주파수 옵셋의 평균값을 계산할 수 있다.
- [0032] 주파수 조정값 계산부(240)는, 옵셋 평균값 계산부(230)에서 계산한 주파수 옵셋의 평균값을 바탕으로 노드의 주파수 조정값을 계산한다. 한편, 주파수 조정값 계산부(240)는 주파수 조정값을 계산할 때 통신부에서 수신한 각종 파라미터를 이용할 수 있다.
- [0033] 주파수 조정부(250)는, 주파수 조정값 계산부(240)에서 계산한 주파수 조정값을 바탕으로 반송파 주파수 동기화 장치가 장착된 노드의 주파수를 조정한다.
- [0034] 또한, 조정 요청값 산출부(260)는, 주파수 조정값 계산부(240)에서 계산한 주파수 조정값과, 옵셋 평균값 계산부(230)에서 계산한 주파수 옵셋의 평균값을 연산하여 다른 노드로 송신할 주파수 조정 요청값을 산출한다.
- [0035] 또한, 횟수 연산부(270)에서는, 주파수 옵셋의 평균값 계산 횟수를 업데이트하고 업데이트한 평균값 계산 횟수를 통신부(210)로 전송하여 주파수 옵셋의 평균값 계산 횟수가 다른 노드로 송신될 수 있도록 한다. 한편, 알고

리즘의 오버헤드를 낮추기 위해 홉수 연산부(270)는, 평균값 계산 홉수가 미리 정해진 홉수를 초과하면 더 이상 평균값 계산 홉수를 업데이트하지 않고, 상수로 고정할 수 있다.

[0036] 이하, 도 3과 아래의 의사코드1을 통해 분산 네트워크로 진입한 노드의 주파수 동기화 과정을 설명한다.

[0037] <의사코드1>

1: **for** every $m \in \zeta_i$ **do**

2: Calculate $\tilde{f}_{i,m}(k) = \frac{\sum_{r=1}^{R_m} \tilde{f}_{i,m}^{[r]}(k)}{R_m}$

3: Update $N_{\delta_{i,m}}(k) = N_{\delta_{i,m}}(k-1) + 1$

4: **end for**

5: **for** every $n \in \xi_i$ **do**

6: Calculate $\hat{f}_{i,n}(k) = (1 - \delta_{n,i}(k)) \times \tilde{f}_{i,m}(k) + \delta_{n,i}(k) \times (q_{n,i}(k-1) - \Delta f_i(k-1))$

7: **end for**

8: Calculate $\Delta f_i(k) = \frac{\sum_{n \in \xi_i} \hat{f}_{i,n}(k)}{N_{\xi_i} + 1}$

9: **for** every $n \in \xi_i$ **do**

10: Calculate $q_{i,n}(k) = \Delta f_i(k) - \hat{f}_{i,n}(k)$

11: **end for**

[0038]

[0039] 의사코드1에서 노드 i는 본원 발명의 실시예에 따른 주파수 동기화를 수행하는 노드이다.

[0040] 먼저, 노드 i는 집합 ζ_i 에 포함된 노드로부터 프리앰블을 수신(S301)할 때마다 집합 ζ_i 에 포함된 노드에 대한 주파수 옵셋을 1차 추정한다(S302). 이때, 집합 ζ_i 는, 노드 i에 인접한 노드 중, 노드 i에서 미리 정해진 홉수(R_{th}) 이상 수신된 프리앰블을 전송한 노드의 집합이다. 본 발명의 실시예에서, 집합 ζ_i 에 포함된 노드를 '노드 m'이라고 한다.

[0041] $\tilde{f}_{i,m}^{[r]}(k)$ 는 k번째 업데이트 시점에서 노드 i가 노드 m에게서 r번째 수신한 프리앰블로부터 노드 m에 대한 주파수 옵셋을 임시적으로 추정한 값이다.

[0042] 이후, 노드 i는 그때까지 노드 m로부터 프리앰블을 수신한 홉수(R_m)를 바탕으로 1차 추정한 주파수 옵셋의 평균값을 계산한다. 즉, 1차 추정한 주파수 옵셋의 평균값인 $\tilde{f}_{i,m}(k)$ 은 노드 i가 노드 m로부터 프리앰블을 $R_m \geq R_{th}$ 회 수신한 후(S303) 노드 m의 주파수 옵셋을 최종적으로 추정한 값이다(S304).

[0043] 이후, 노드 i는 k번째 업데이트 시점까지 노드 m에 대한 주파수 옵셋의 평균값을 계산한 홉수를 업데이트 한다(S305). 의사코드1에서, 노드 i가 노드 m에 대해서 주파수 옵셋의 평균값을 계산한 홉수($N_{q_m}(k)$)는

$N_{\delta_{i,m}}(k-1)+1$ 이다.

[0044] 이후, 노드 i 는 집합 $\xi_{i,i}$ 에 포함된 노드로부터 $q_v(k-1)$ 및 $N_{q_v}(k-1)$ 를 수신한다(S306). 이때, 집합 $\xi_{i,i}$ 는, 집합 $\xi_{i,i}$ 에 포함된 노드 중, 노드 i 에서 수신된 반송파 주파수 조정 요청값($q_v(k)$)을 전송한 노드의 집합이다.

[0045] 본 발명의 실시예에서, 집합 $\xi_{i,i}$ 에 포함된 노드를 '노드 n '이라 하고, $q_v(k)$ 는 k 번째 업데이트 시점에서 노드 n 이 노드 i 에게 전송하는 반송파 주파수 조정 요청값을 나타내며, $N_{q_v}(k)$ 는 k 번째 업데이트 시점에서 노드 n 이 노드 i 에 대해서 주파수 옵션의 평균값을 계산한 횟수를 나타낸다.

[0046] 이후, 노드 i 는 수신한 $q_v(k-1)$ 및 $N_{q_v}(k-1)$ 과, 앞서 계산한 주파수 옵션의 평균값($\tilde{f}_{i,m}(k)$)을 바탕으로 노드 n 에 대한 최종 주파수 옵션값($\hat{f}_{i,m}(k)$)을 계산한다(S307).

[0047] 이때, $\delta_v(k)$ 는 노드 n 과 노드 i 의 관계에서 결정될 수 있다. 즉, 노드 i 가 노드 n 으로부터 반송파 주파수 조정 요청값을 수신하지 못하고 미리 정해진 횟수(R_{thr}) 이상 프리앰블만을 수신한 경우, $\delta_v(k)$ 는 0으로 결정될 수 있고, 반송파 주파수 조정 요청값을 수신하였으나 프리앰블은 미리 정해진 횟수 이상 수신하지 못한 경우 $\delta_v(k)$ 는 1로 결정될 수 있다.

[0048] 또한, 노드 i 가 노드 n 으로부터 반송파 주파수 조정 요청값도 수신하고, 프리앰블도 미리 정해진 횟수 이상 수신한 경우 $\delta_v(k)$ 는 0에서 1 사이의 임의의 값으로 결정될 수 있으며, 이때에는 아래 수학적 식 1에 따라 $\delta_v(k)$ 가 결정될 수 있다.

$$\delta_{n,i}(k-1) = \frac{N_{\delta_{n,i}}(k-1)}{1 + N_{\delta_{n,i}}(k-1)}$$

[0049]

[0050] 마지막으로, 노드 i 는 노드 n 에 대한 최종 주파수 옵션값($\hat{f}_{i,m}(k)$)을 이용하여 집합 $\xi_{i,i}$ 에 포함된 모든 노드에 대한 반송파 주파수의 조정값($\mathcal{Y}_i(k)$)을 계산하고, 자신의 반송파 주파수를 조정한다(S308). 이때, $N_{\xi_{i,i}}$ 는 노드 집합 $\xi_{i,i}$ 에 포함된 노드의 수이다.

[0051] 위와 같이, 노드 i 는 최종적으로 계산한 반송파 주파수의 조정값($\mathcal{Y}_i(k)$)을 이용하여 자신의 반송파 주파수를

조정함으로써, 노드 i 는 새롭게 진입한 네트워크의 반송파 주파수와 동기화 할 수 있다.

[0052] 또한, 노드 i 는 반송파 주파수의 조정값($\Delta f_i(k)$)과 노드 n 대한 최종 주파수 옵셋값($\hat{f}_{i,n}(k)$)의 차이를 계산하여, 반송파 주파수 조정 요청값($q_{i,n}(k)$)를 계산(S309)할 수 있고, 노드 n 에 대한 반송파 주파수 조정 요청값($q_{i,n}(k)$) 및 주파수 옵셋의 평균값 계산 횟수($N_{q_{i,n}}(k)$)를 노드 n 으로 전송할 수 있다(S310). 도 3에 도시된 발명의 한 실시예는 노드 n 과 노드 m 이 동일한 경우이다.

[0053] 한편, 의사코드 1에서 집합 ζ_i 및 ξ_i 는 각각 집합 φ_i 및 ϕ_i 가 될 수 있다. 이 경우, φ_i 및 ϕ_i 는 본 발명의 실시예에 따른 분산 네트워크가 계층 구조일 때 집합 ζ_i 및 ξ_i 의 상위 그룹에 속하는 노드의 집합이다. 이때, 상위 그룹은 글로벌 위치 결정 시스템(global positioning system, GPS)을 장착한 노드 또는 GPS를 장착한 노드와 동기화된 노드의 집합이 될 수 있다.

[0054] 이 경우, 상기 의사코드1은 의사코드1-1과 같이 표현될 수 있다.

[0055] <의사코드1-1>

1: **for** every $m \in \varphi_i$ **do**

2: Calculate $\tilde{f}_{i,m}(k) = \frac{\sum_{r=1}^{R_m} \tilde{f}_{i,m}^{[r]}(k)}{R_m}$

3: Update $N_{\delta_{i,m}}(k) = N_{\delta_{i,m}}(k-1) + 1$

4: **end for**

5: **for** every $n \in \phi_i$ **do**

6: Calculate $\hat{f}_{i,n}(k) = (1 - \delta_{n,i}(k)) \times \tilde{f}_{i,n}(k) + \delta_{n,i}(k) \times (q_{n,i}(k-1) - \Delta f_i(k-1))$

7: **end for**

8: Calculate $\Delta f_i(k) = \frac{\sum_{n \in \phi_i} \hat{f}_{i,n}(k)}{N_{\phi_i} + 1}$

9: **for** every $n \in \phi_i$ **do**

10: Calculate $q_{i,n}(k) = \Delta f_i(k) - \hat{f}_{i,n}(k)$

11: **end for**

[0056]

[0057] 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 주파수 옵셋의 평균값 계산 횟수를 제한하여 노드 i 에서 수행되는 주파수 동기화 과정을 나타낸 흐름도이다.

[0058] 아래 의사코드2에서는 노드 i 에서 카운트하는 주파수 옵셋의 평균값 계산 횟수를 미리 정해진 횟수만큼만 업데이트하도록 함으로써, 주파수 동기화 과정의 오버헤드를 줄일 수 있다.

[0059] 이하, 도 4와 아래의 의사코드2를 통해 분산 네트워크에 포함된 특정 노드가 낮은 오버헤드로 주파수 동기화를 수행하는 과정을 설명한다.

[0060] <의사코드2>

```

1: for every  $m \in \zeta_i$  do
2:   Calculate  $\tilde{f}_{i,m}(k) = \frac{\sum_{r=1}^{R_m} \tilde{f}_{i,m}^{[r]}(k)}{R_m}$ 
3:   if  $N_{\delta_{i,m}}(k-1) < N_{th}$ 
4:     Update  $N_{\delta_{i,m}}(k) = N_{\delta_{i,m}}(k-1) + 1$ 
5:   else
6:     fix  $N_{\delta_{i,m}}(k) = N_{th}$  for  $k' \geq k$ 
7:   end if
8: end for
9: for every  $n \in \xi_i$  do
10:  Calculate  $\hat{f}_{i,n}(k) = (1 - \delta_{n,i}(k)) \times \tilde{f}_{i,n}(k) + \delta_{n,i}(k) \times (q_{n,i}(k-1) - \Delta f_i(k-1))$ 
11: end for
12: Calculate  $\Delta f_i(k) = \frac{\sum_{n \in \xi_i} \hat{f}_{i,n}(k)}{N_{\xi_i} + 1}$ 
13: for every  $n \in \xi_i$  do
14:  Calculate  $q_{i,n}(k) = \Delta f_i(k) - \hat{f}_{i,n}(k)$ 
15: end for

```

[0061]

[0062] 의사코드2에서 노드 i는 노드 m으로부터 프리앰블을 수신(S401)할 때마다 노드 m의 주파수 옵셋을 1차 추정한다(S402). $\tilde{f}_{i,m}(k)$ 는 의사코드1에서와 같이 노드 m의 주파수 옵셋을 임시적으로 추정한 값을 나타낸다.

[0063]

이후, 프리앰블을 미리 정해진 횟수(R_{th}) 이상 수신(S403)한 노드 i는 그때까지 인접 노드 m으로부터 프리앰블을 수신한 횟수(R_m)를 기준으로 1차 추정한 주파수 옵셋의 평균값($\tilde{f}_{i,m}(k)$)을 계산한다(S404). $\tilde{f}_{i,m}(k)$ 도 의사코드1에서와 같이 노드 m의 주파수 옵셋을 최종적으로 추정한 값을 나타낸다.

[0064]

다만 의사코드1과 달리, 의사코드2로 제안되는 알고리즘에서는, 주파수 옵셋의 평균값 계산 횟수($N_{q_m}(k)$)의 업데이트를 제한한다(S405). 즉, $N_{q_m}(k-1)$ 가 미리 정해진 횟수(N_{th})보다 작으면, $N_{q_m}(k)$ 를 업데이트 하지만(S406), 커지면, $N_{q_m}(k)$ 를 업데이트 하지 않고, 더 이상 전송하지도 않는다. 따라서, $N_{\delta_{m,i}}(k-1) \geq N_{th}$ 인 경우에는 $N_{q_m}(k)$ 가 상수로 고정된다($N_{\delta_{m,i}}(k) = N_{th}$)(S407).

[0065]

이후, 반송파 주파수의 조정값($A_i(k)$)과 반송파 주파수 조정 요청값($q_{i,m}(k)$)이 계산되고 다른 노드로 전송되는 것은 의사코드1에서 제안된 바와 같다(S408 내지 S411).

[0066]

도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 주파수 옵셋의 평균값 계산 횟수를 업데이트 하지 않고 노드 i에서 수행

되는 주파수 동기화 과정을 나타낸 흐름도이다.

[0067] 아래 의사코드3에서는 주파수 옵셋의 평균값 계산 횟수($N_{\delta_m}(k)$)를 카운트 하여 전송하지 않고, 주파수 옵셋의 평균값 계산 횟수($N_{\delta_m}(k)$)를 이용하여 계산되는 $\delta_u(k)$ 를 상수(δ_{fix})로 고정함으로써, 주파수 동기화 과정의 오버헤드를 줄일 수 있다.

[0068] 이하, 도 5와 아래의 의사코드3을 통해 분산 네트워크에 포함된 특정 노드가 낮은 오버헤드로 주파수 동기화를 수행하는 과정을 설명한다.

[0069] <의사코드3>

1: **for** every $m \in \zeta_i$ **do**
 2: Calculate $\tilde{f}_{i,m}(k) = \frac{\sum_{r=1}^{R_m} \tilde{f}_{i,m}^{[r]}(k)}{R_m}$
 3: **end for**
 4: **for** every $n \in \xi_i$ **do**
 5: Calculate $\hat{f}_{i,n}(k) = (1 - \delta_{fix}(k)) \times \tilde{f}_{i,n}(k) + \delta_{fix}(k) \times (q_{n,i}(k-1) - \Delta f_i(k-1))$
 6: **end for**
 7: Calculate $\Delta f_i(k) = \frac{\sum_{n \in \xi_i} \hat{f}_{i,n}(k)}{N_{\xi_i} + 1}$
 8: **for** every $n \in \xi_i$ **do**
 9: Calculate $q_{i,n}(k) = \Delta f_i(k) - \hat{f}_{i,n}(k)$
 10: **end for**

[0070] 의사코드3에서 노드 i는 노드 m으로부터 프리앰블을 수신할 때(S501)마다 노드 m의 주파수 옵셋을 1차 추정한다(S502). $\tilde{f}_{i,m}^{[r]}(k)$ 는 의사코드1에서와 같이 노드 m의 주파수 옵셋을 임시적으로 추정한 값을 나타낸다.

[0072] 이후, 미리 정해진 횟수 (R_{th}) 이상 프리앰블을 수신(S503)한 노드 i는 그때까지 인접 노드 m로부터 프리앰블을 수신한 횟수(R_m)를 기준으로 1차 추정한 주파수 옵셋의 평균값을 계산한다(S504).

[0073] 즉, 1차 추정한 주파수 옵셋의 평균값인 $\tilde{f}_{i,m}(k)$ 은 k번째 업데이트 시점에서 노드 i가 노드 m으로부터 프리앰블을 R_m 회 수신한 후 노드 m의 주파수 옵셋을 최종적으로 추정한 값이다. 이후, 추정한 주파수 옵셋의 평균값($\tilde{f}_{i,m}(k)$)을 바탕으로 노드 m에 대한 최종 주파수 옵셋값($\hat{f}_{i,m}(k)$)을 계산한다.

[0074] 이때, 의사코드3으로 제안되는 알고리즘에서는 주파수 옵셋의 평균값 계산 횟수를 업데이트 하지 않으며, 따라서 반송파 주파수의 조정값($\Delta f_i(k)$)의 계산에는 상수(δ_{fix})를 이용한다.

[0075] 즉, 노드 i는 상수인 δ_{fix} 를 이용하여 반송파 주파수의 조정값을 계산하므로, 주파수 옵셋의 평균값 계산 횟

수($N_{q_m}(k)$)를 카운트하고 $\delta_u(k)$ 를 계산하는데 소모되는 자원을 줄일 수 있다.

[0076] 이후, 노드 i 는 $\hat{f}_{i,n}(k)$, $\delta_{f_{i,n}}$, 그리고 노드 n 으로부터 수신한 반송파 주파수 조정 요청값($q_n(k-1)$)을 이용(S505)하여 반송파 주파수의 조정값($\Delta f_i(k)$)을 계산하고, 계산한 반송파 주파수의 조정값에 따라 주파수를 조정한다(S506).

[0077] 이후, 의사코드1에서와 같이 반송파 주파수의 조정값($\Delta f_i(k)$)과 주파수 옵셋의 평균값으로부터 반송파 주파수 조정 요청값($q_n(k)$)을 계산하여, 노드 n 으로 전송한다(S507).

[0078] 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 노드 i 에서 수행되는 주파수 동기화 과정을 나타낸 흐름도이다.

[0079] 아래 의사코드4에서 노드 i 는, 노드 m 으로부터 프리앰블을 수신하여 반송파 주파수를 조정하고, 노드 n 으로 반송파 주파수 조정 요청값($q_n(k)$) 및 주파수 옵셋의 평균값 계산 횟수($N_{q_n}(k)$)를 전송하지 않는다.

[0080] <의사코드4>

1: **for every** $m \in \zeta_i$ **do**

2: Calculate $\tilde{f}_{i,m}(k) = \frac{\sum_{r=1}^{R_m} \tilde{f}_{i,m}^{[r]}(k)}{R_m}$

3: **end for**

4: Calculate $\Delta f_i(k) = \frac{\sum_{m \in \zeta_i} \tilde{f}_{i,m}(k)}{N_{\zeta_i} + 1}$

[0081]

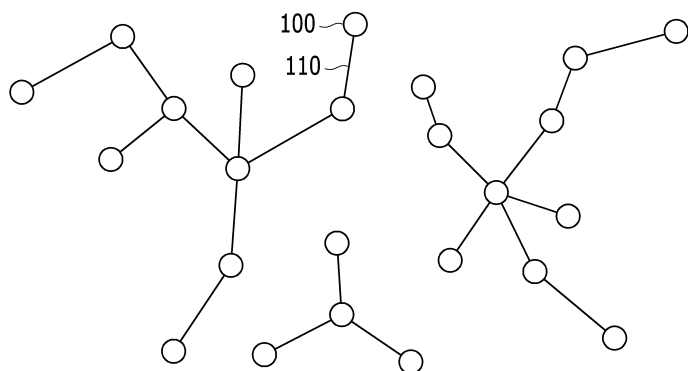
[0082] 도 6을 참조하면, 노드 i 는 노드 m 으로부터 프리앰블을 수신(S601)할 때마다 노드 m 의 주파수 옵셋을 1차 추정하여 $\tilde{f}_{i,m}^{[r]}(k)$ 를 계산한다(S602). 노드 m 은 집합 ζ_i 에 포함되고 노드 i 에 포함된 노드 중 하나이다.

[0083] 그리고, 계산한 $\tilde{f}_{i,m}^{[r]}(k)$ 를 바탕으로 집합 ζ_i 에 포함된 모든 노드에 대하여 반송파 주파수 조정값($\Delta f_i(k)$)을 계산(S604)하여 자신의 주파수를 조정(S605)함으로써, 노드 간 동기화를 수행할 수 있다.

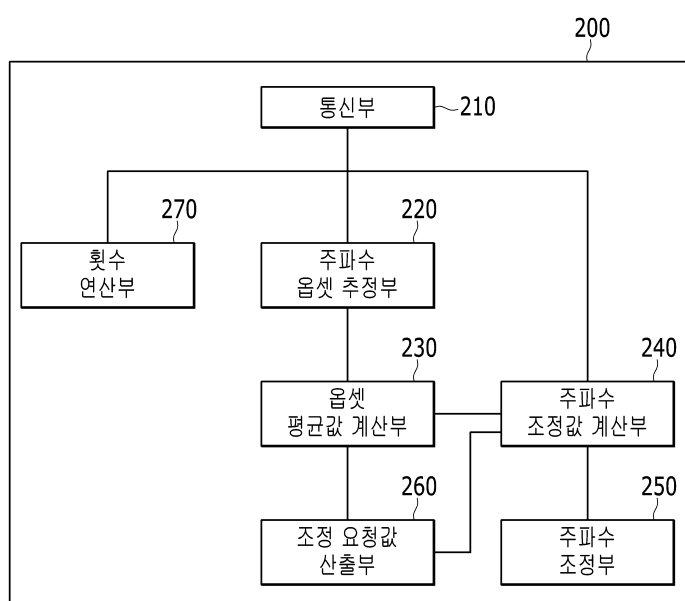
[0084] 이상에서 본 발명의 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

도면

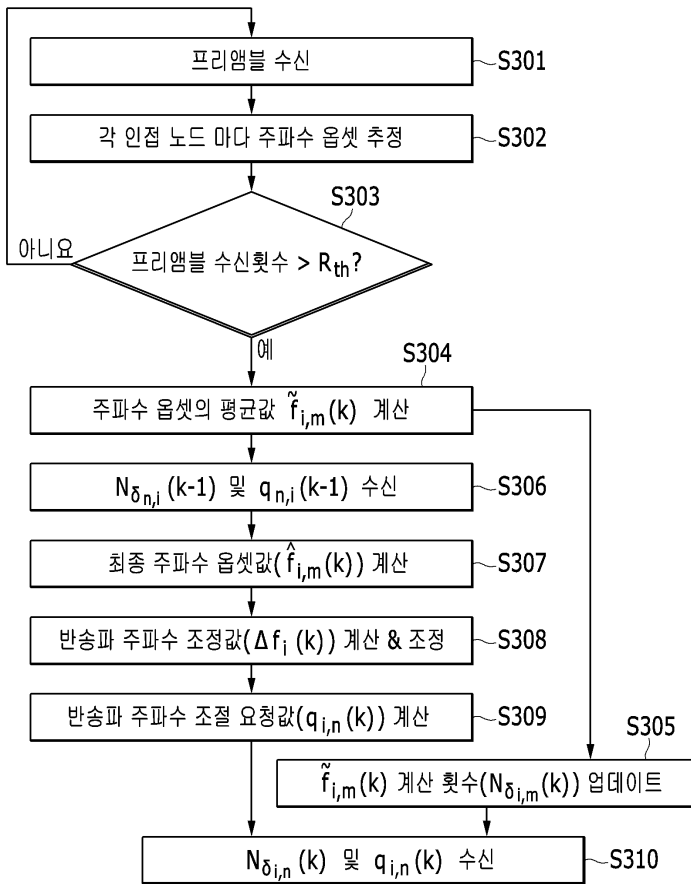
도면1



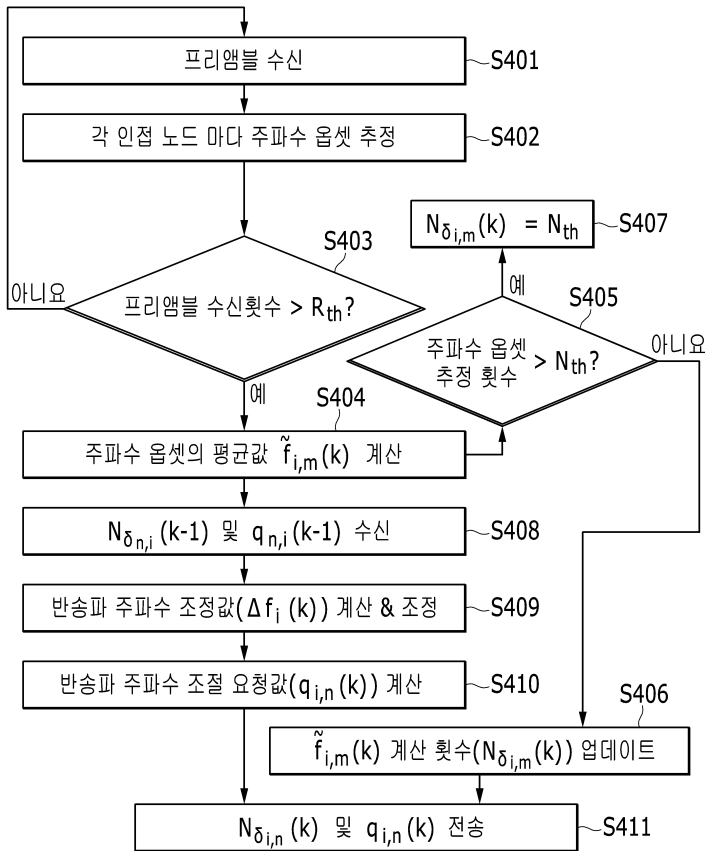
도면2



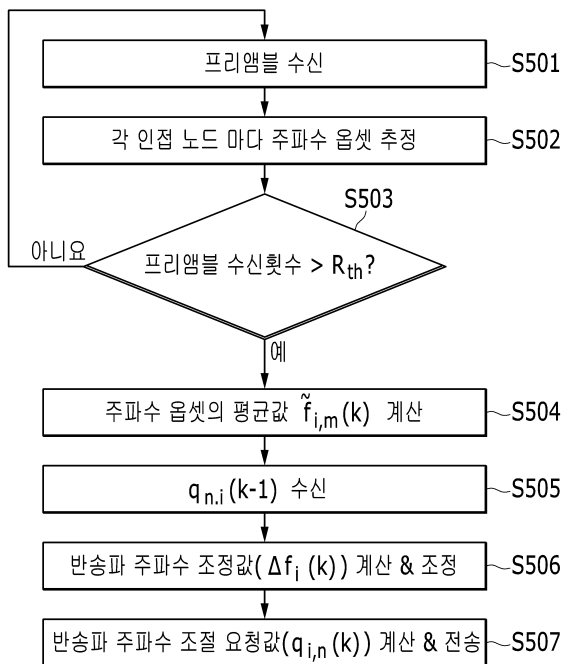
도면3



도면4



도면5



도면6

