



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0024286
(43) 공개일자 2011년03월09일

(51) Int. Cl.

H04W 72/04 (2009.01) H04B 7/14 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0082203

(22) 출원일자 2009년09월01일

심사청구일자 2009년09월01일

(71) 출원인

인하대학교 산학협력단

인천 남구 용현동 253 인하대학교

(72) 발명자

정재학

서울특별시 서초구 서초2동 무지개아파트 3동 1207호

조정일

경기도 성남시 수정구 단대동 33-6번지 상송빌라 가동 101호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김건우

전체 청구항 수 : 총 4 항

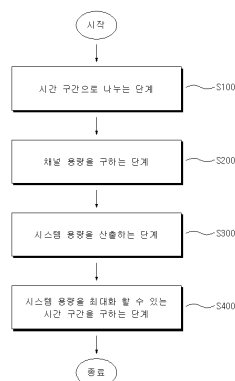
(54) 부분 중계기 협력 다중화 기술에서 중계기의 위치에 따른 동적 최적 시간 할당 방법

(57) 요약

본 발명은 부분 중계기 협력 다중화 기술에서 중계기의 위치에 따른 동적 최적 시간 할당 방법으로서, 보다 구체적으로는 (1) 중계기 협력 다중화 기술의 전체 전송 프레임 구간을 시간 구간으로 나누는 단계; (2) 상기 단계 (1)에서 나누어진 각 시간 구간의 채널 용량을 구하는 단계; (3) 상기 단계 (2)에서 구해진 각 시간 구간의 채널 용량을 이용하여 부분 중계기 협력 다중화 기술에서의 시스템 용량(이하, '시스템 용량'이라 함)을 산출하는 단계; 및 (4) 상기 단계 (3)에서 산출한 시스템 용량을 최대화할 수 있는 시간 구간을 구하는 단계를 포함하는 것을 그 구성상의 특징으로 한다.

본 발명에서 제안하고 있는, 중계기의 위치에 따른 동적 최적 시간 할당 방법에 따르면, 부분 중계기 협력 다중화 전송 방법에서 중계기의 위치에 따른 시스템 용량을 분석하고 최적 시간을 할당함으로써, 최대화된 시스템 용량을 얻을 수 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

권양수

서울특별시 구로구 신도림동 e편한세상대림7차아파트 804동 1702호

김남리

인천광역시 남구 관교동 동아아파트 3동 1101호

특허청구의 범위

청구항 1

부분 중계기 협력 다중화 기술에서 중계기의 위치에 따른 최대의 시스템 용량을 얻기 위한 동적 최적 시간 할당 방법으로서,

- (1) 중계기 협력 다중화 기술의 전체 전송 프레임 구간을 시간 구간으로 나누는 단계;
- (2) 상기 단계 (1)에서 나누어진 각 시간 구간의 채널 용량을 구하는 단계;
- (3) 상기 단계 (2)에서 구해진 각 시간 구간의 채널 용량을 이용하여 부분 중계기 협력 다중화 기술에서의 시스템 용량(이하, '시스템 용량' 이라 함)을 산출하는 단계; 및
- (4) 상기 단계 (3)에서 산출한 시스템 용량을 최대화할 수 있는 시간 구간을 구하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는, 부분 중계기 협력 다중화 기술에서 중계기의 위치에 따른 동적 최적 시간 할당 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 단계 (2)에서,

다음의 수학식을 이용하여 각 시간 구간의 채널 용량을 구하는 것을 특징으로 하는, 부분 중계기 협력 다중화 기술에서 중계기의 위치에 따른 동적 최적 시간 할당 방법.

$$C_{SR} = \log_2(1 + |h_1|^2 * SNR_1)$$

$$C_{RD} = \log_2(1 + |h_2|^2 * SNR_2)$$

$$C_{SD} = \log_2(1 + |h_3|^2 * SNR_3)$$

여기서, t_1 은 송신노드에서 중계기로 데이터 일부를 전송하고 중계기에서 이 신호를 복호하는 데이터의 전송 방식의 첫 번째 시간 구간, t_2 는 중계기가 복호된 신호를 도착노드로 전송하고 동시에 송신노드에서 도착노드로 나머지 데이터를 전송하는 두 번째 시간 구간을 나타내며, C_{SR} 은 t_1 동안에 송신노드-중계기 링크의 신호 대 잡음비를 이용하여 나타낸 채널 용량, C_{RD} 및 C_{SD} 는 각각 t_2 동안 중계기-도착노드 링크, 송신노드-도착노드 링크의 채널 용량을 나타냄. 또한, h_1 , h_2 , h_3 은 각각 송신노드-중계기 링크, 중계기-도착노드 링크, 송신노드-도착노드 링크의 채널을 나타내며, 각각은 가산 백색 가우시안 잡음 채널을 가지고, SNR_1 , SNR_2 , SNR_3 은 각 채널(h_1 , h_2 , h_3)에서의 신호 대 잡음비를 나타냄.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 단계 (3)에서,

다음의 수학식을 이용하여, 상기 부분 중계기 협력 다중화 기술에서의 시스템 용량(C_{pro})을 산출하는 것을 특징으로 하는, 부분 중계기 협력 다중화 기술에서 중계기의 위치에 따른 동적 최적 시간 할당 방법.

$$C_{pro} = t_1 * \log_2(1 + |h_1|^2 * SNR_1) \\ + t_2 * \log_2(1 + \sum_{i=2}^3 (|h_i|^2 * SNR_i))$$

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 단계 (4)에서,

다음의 수학적식을 이용하여, 시스템 용량을 최대화할 수 있는 시간 구간을 구하는 것을 특징으로 하는, 부분 중계기 협력 다중화 기술에서 중계기의 위치에 따른 동적 최적 시간 할당 방법.

$$\max_{t_1, t_2} C_{pro} \\ s.t. \ t_1 C_{SR} < t_2 C_{RD}, \\ t_1 + t_2 = T, \\ t_1, t_2, C_{SR}, C_{RD}, C_{SD} \geq 0$$

여기서, $\max_{t_1, t_2} C_{pro}$ 는 시스템 용량을 극대화할 수 있는 시간 구간 t_1 및 t_2 을 얻어내기 위한 목적 함수를 나타내며, T는 시간 구간 t_1, t_2 의 합을 전송 프레임으로 설정하는 시간을 나타냄.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 동적 최적 시간 할당 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 부분 중계기 협력 다중화 기술에서 중계기의 위치에 따른 최대의 시스템 용량을 얻기 위한 동적 최적 시간 할당 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 이동통신 시스템에서 주파수 대역이 높아지는 경우, 전파 전달(wave propagation) 특성은 직진성이 높아지게 되면서 도심 건물 등의 인공 지형물로 인한 음영 지역(shadow zone)이 많이 발생하게 된다. 음영 지역에서 수신되는 신호의 세기는 매우 약하기 때문에, 이는 신호 대 잡음비(Signal to Noise Ratio; SNR)의 저하로 이어진다. 따라서 통신이 가능한 서비스 커버리지(coverage)가 줄어들어 시스템 전체적인 성능과 서비스 품질의 저하가 발생할 수 있다. 이러한 음영 지역을 줄이기 위해 쉽게 생각할 수 있는 방법은 기지국을 더 많이 설치하는 것이지만 많은 수의 기지국 설치에는 높은 초기 비용을 필요로 하고 백홀(backhaul) 링크의 대역 및 유지에 많은 비용이 들어가기 때문에 경제적 면에서 좋은 대안이 될 수 없다. 이에 해결책으로 제시된 기술이 중계기를 활용한 방식이다.

[0003] 중계기(Relay Station; RS)는 음영 지역 해소를 위해 도입된 기술로서 현재 널리 사용되고 있다. 과거의 방식이 단순히 신호를 증폭해서 보내는 리피터(repeater)의 기능에 국한된 것에 비해 최근에는 보다 지능화된 형태로 발전하고 있다. 더 나아가 중계기를 이용한 기술은 차세대 이동통신 시스템에서 기지국 증설 비용과 백홀 통신망의 유지비용을 줄이는 동시에, 서비스 커버리지 확대와 데이터 처리율 향상을 위해 반드시 필요한 기술로 평가받고 있다.

[0004] 차세대 이동통신 시스템에서 중계기를 이용한 기술은 시스템의 서비스 영역을 늘리고 시스템 용량(capacity)을 증대시키기 위해 연구되어 왔다. 최근 중계기를 이용한 다중 홉(Multi-Hop; MH) 전송 기술이 무선 링크 환경에서의 성능을 개선하기 위해 연구되어 왔으며, IEEE802.16j 표준에도 이 기술이 사용되고 있다. 대표적인 중계

기 시스템은 증폭 후 전달(Amplify-and-Forward; AF)과 복호 후 전달(Decode-and-Forward; DF)로 구분할 수 있다. AF에서의 중계기는 송신노드(source node)로부터 전송된 신호를 단순히 신호의 세기를 증폭하여 도착노드(destination node)로 신호를 전송하는 역할을 하고, DF에서는 중계기가 수신 신호를 복호하고 이를 변조하여 도착노드로 신호를 전송한다. AF의 특징은, 단순히 RF 전력을 증폭하여 단말기에 전달하는 방법이기 때문에 하드웨어의 구현에 있어서 복잡도가 상대적으로 낮지만 중계기에서 잡음도 함께 증폭되기 때문에 시스템의 성능 향상에 제한이 있다. DF는 복호 후 전송으로 인한 복잡도가 증가하지만 AF에 비해 전송 성능이 향상되는 장점을 가지고 있다.

[0005] 이러한 기술들을 바탕으로 공간 다이버시티(spatial diversity)를 얻음과 동시에 공간 다중화 이득(spatial multiplexing gain)을 얻을 수 있는 협력 다이버시티 다중화 기술이 연구되어 왔다. 다이버시티(diversity) 특성에 따라 중계기는 일반적인 중계 방식과 상호 협력 중계(cooperative relay) 방식으로 나눌 수 있다. 일반적인 중계 방식은 하나의 경로를 따라 전달하는 형태인데 반해, 상호 협력 중계 방식은 전파의 브로드캐스팅 되는 성질을 이용하여 다이버시티 이득을 얻고자 제안된 방식으로 단일-단계(single-stage) 방식과 다수-단계(multi-stage) 방식으로 구별된다. 협력 중계 기술은 송신노드, 중계기, 도착노드 사이의 다양한 프로토콜에 따라 성능이 변화하는데, 성능 개선을 위해 송신노드-중계기, 송신노드-도착노드와 중계기-도착노드 프로토콜에 대해 채널 코딩을 결합한 부분 중계기 협력 다중화 기술(cooperative multiplexing with partial relaying)이 제안되었다.

[0006] 그러나 상기 방법은 중계기의 위치가 변화함에 따라 송신노드-중계기 사이의 거리와 중계기-도착노드의 거리가 변화하므로, 만일 한쪽 링크의 용량이 크다 하더라도 데이터를 구분하는 시간이 동일하게 할당됨으로써 max flow min cut theorem에 의해 최대의 전송 용량을 얻을 수 없다는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0007] 본 발명은 기존에 제안된 방법들의 상기와 같은 문제점들을 해결하기 위해 제안된 것으로서, 중계기 시스템의 전송 조건식을 추가하여 중계기의 유동적인 위치에 따라 최대의 시스템 용량을 가지도록 각 시간 구간의 길이를 최적화함으로써, 향상된 시스템 용량을 얻을 수 있는 시간 할당 방법을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

과제 해결수단

[0008] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 특징에 따른 부분 중계기 협력 다중화 기술에서 중계기의 위치에 따른 최대의 시스템 용량을 얻기 위한 동적 최적 시간 할당 방법은,

[0009] (1) 중계기 협력 다중화 기술의 전체 전송 프레임 구간을 시간 구간으로 나누는 단계;

[0010] (2) 상기 단계 (1)에서 나누어진 각 시간 구간의 채널 용량을 구하는 단계;

[0011] (3) 상기 단계 (2)에서 구해진 각 시간 구간의 채널 용량을 이용하여 부분 중계기 협력 다중화 기술에서의 시스템 용량(이하, '시스템 용량'이라 함)을 산출하는 단계; 및

[0012] (4) 상기 단계 (3)에서 산출한 시스템 용량을 최대화할 수 있는 시간 구간을 구하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0013] 바람직하게는, 상기 단계 (2)에서,

[0014] 다음의 수학식을 이용하여 각 시간 구간의 채널 용량을 구할 수 있다.

$$C_{SR} = \log_2(1 + |h_1|^2 * SNR_1)$$

$$C_{RD} = \log_2(1 + |h_2|^2 * SNR_2)$$

$$C_{SD} = \log_2(1 + |h_3|^2 * SNR_3)$$

여기서, t_1 은 송신노드에서 중계기로 데이터 일부를 전송하고 중계기에서 이 신호를 복호하는 데이터의 전송 방식의 첫 번째 시간 구간, t_2 는 중계기가 복호된 신호를 도착노드로 전송하고 동시에 송신노드에서 도착노드로 나머지 데이터를 전송하는 두 번째 시간 구간을 나타내며, C_{SR} 은 t_1 동안에 송신노드-중계기 링크의 신호 대 잡음비를 이용하여 나타낸 채널 용량, C_{RD} 및 C_{SD} 는 각각 t_2 동안 중계기-도착노드 링크, 송신노드-도착노드 링크의 채널 용량을 나타낸다. 또한, h_1 , h_2 , h_3 은 각각 송신노드-중계기 링크, 중계기-도착노드 링크, 송신노드-도착노드 링크의 채널을 나타내며, 각각은 가산 백색 가우시안 잡음 채널을 가지고, SNR_1 , SNR_2 , SNR_3 은 각 채널(h_1 , h_2 , h_3)에서의 신호 대 잡음비를 나타낸다.

바람직하게는, 상기 단계 (3)에서,

다음의 수학적식을 이용하여, 상기 부분 중계기 협력 다중화 기술에서의 시스템 용량(C_{pro})을 산출할 수 있다.

$$C_{pro} = t_1 * \log_2(1 + |h_1|^2 * SNR_1) + t_2 * \log_2(1 + \sum_{i=2}^3 (|h_i|^2 * SNR_i))$$

바람직하게는, 상기 단계 (4)에서,

다음의 수학적식을 이용하여, 시스템 용량을 최대화할 수 있는 시간 구간을 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} & \max_{t_1, t_2} C_{pro} \\ & s.t. \quad t_1 C_{SR} < t_2 C_{RD}, \\ & \quad t_1 + t_2 = T, \\ & \quad t_1, t_2, C_{SR}, C_{RD}, C_{SD} \geq 0 \end{aligned}$$

여기서, $\max_{t_1, t_2} C_{pro}$ 는 시스템 용량을 극대화할 수 있는 시간 구간 t_1 및 t_2 를 얻어내기 위한 목적 함수를 나타내며, T 는 시간 구간 t_1 , t_2 의 합을 전송 프레임으로 설정하는 시간을 나타낸다.

효 과

본 발명에서 제안하고 있는, 중계기의 위치에 따른 동적 최적 시간 할당 방법에 따르면, 부분 중계기 협력 다중화 전송 방법에서 중계기의 위치에 따른 시스템 용량을 분석하고 최적 시간을 할당함으로써, 최대화된 시스템 용량을 얻을 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

이하에서는 첨부된 도면들을 참조하여, 본 발명에 따른 실시예에 대하여 상세하게 설명하기로 한다.

도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 부분 중계기 협력 다중화 기술에서 중계기의 위치에 따른 동적 최적 시간 할당 방법의 흐름도이다. 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명 일실시예에 따른 부분 중계기 협력 다중화 기술에서 중계기의 위치에 따른 동적 최적 시간 할당 방법은, 중계기 협력 다중화 기술의 전체 전송 프레임 구간을 시간 구간으로 나누는 단계(S100), 단계 S100에서 나누어진 시간 구간을 이용하여, 각 시간 구간의 채널 용량을 구하는 단계(S200), 단계 S200에서 구해진 각 시간 구간의 채널 용량을 이용하여 부분 중계기 협력 다중화 기술에서의 시스템 용량(이하, '시스템 용량'이라 함)을 산출하는 단계(S300), 및 단계 S300에서 산출한 시스템 용량

을 최대화 할 수 있는 시간 구간을 구하는 단계(S400)를 포함한다.

[0029] 단계 S100은, 중계기 협력 다중화 기술의 전체 전송 프레임 구간을 시간 구간으로 나누는 단계이며, 단계 S200은, 단계 S100에서 나누어진 각 시간 구간 t_1 , t_2 의 채널 용량을 구하는 단계이다.

[0030] 단계 S300은, 단계 S200에서 구해진 각 시간 구간 t_1 , t_2 의 각 채널 용량을 이용하여 시스템 용량을 산출하는 단계이며, 단계 S400은, 앞선 단계에서 산출한 시스템 용량이 각각 할당되는 시간 구간 t_1 , t_2 의 함수로서 표현되므로, 시스템 용량을 최대화 할 수 있는 t_1 , t_2 를 구하기 위해 제한 조건을 설정하여 이 조건에 따르는 시간 구간 t_1 , t_2 를 구하는 단계이다. 이와 같이, 본 발명에서 제안하고 있는, 부분 중계기 협력 다중화 기술에서 중계기의 위치에 따른 동적 최적 시간 할당 방법은, 부분 중계기 협력 다중화 기술의 전체 전송 프레임 구간을 시간 구간으로 나누어 각 시간 구간의 채널 용량을 구하여, 이를 각 시간 구간의 채널 용량을 이용하여 시스템 용량을 산출함으로써, 시스템 용량을 최대화 할 수 있는 시간 구간을 구할 수 있게 된다.

[0031] 본 발명에서 제안하고 있는, 부분 중계기 협력 다중화 기술에서 동적 최적 시간 할당 방법 방법에 대하여 이하에서 수학식들을 이용하여 더욱 상세하게 설명하기로 한다.

[0032] 1. 부분 중계기 협력 다중화 기술

[0033] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 부분 중계기 협력 다중화 기술에서 중계기의 위치에 따른 동적 최적 시간 할당 방법에 있어서 시스템 모델을 나타내는 도면이다. 송신노드와 도착노드는 각각 단일 송신 안테나와 단일 수신 안테나를 가지고, 중계기는 단일 송수신 안테나를 갖는다. 도 2에 도시된 바와 같이, 각 국들 사이의 거리, 즉 송신노드와 중계기 사이의 거리를 L_{SR} , 송신노드와 도착노드 사이의 거리를 L_{SD} , 그리고 중계기와 도착노드 사이의 거리를 L_{RD} 로 정의한다. d_1 은 송신노드와 도착노드가 이루는 직선과의 거리를 나타내고, d_2 는 송신노드와 도착노드 사이에 존재하는 직선상의 중계기의 위치를 나타낸다. 중계기의 유동적인 특성을 고려하여 중계기의 위치는 A방향과 B방향으로 송신노드와 도착노드 사이에서 변화할 수 있다고 가정하고, 본 발명에서는 d_2 의 범위를 $0 \leq d_2 \leq L_{SD}$ 로 가정한다. h_1 , h_2 , h_3 은 각각 송신노드-중계기, 중계기-도착노드, 송신노드-도착노드 링크의 채널을 나타낸다.

[0034] 본 발명에서 제안된 방법은 DF모드 중계기 기술만을 고려한다. 부분 중계기 협력 다중화 기술의 전송 프레임 구조는 도 3과 같이 나타낼 수 있다. 첫 번째 시간 구간 t_1 동안은 송신노드에서 중계기로(SNRS) 데이터 일부를 전송하며, 두 번째 시간 구간 t_2 동안은 중계기에서 도착노드(RSDN)로 데이터를 전송함과 동시에 송신노드에서 도착노드(SNDN)로 데이터를 전송해준다.

[0035] 데이터 전송은 채널 코딩에서 출력된 K개의 정보 비트로써 프레임(frame) 단위로 구성할 수 있다. K개의 정보 비트, 코드율 r , 변조율 m 에 의해 전체 심볼 수 N 은 $N=K/r/m$ 으로 나타낼 수 있다. 이 프로토콜에서 전체 프레임 구간을 시간 구간 t_1 과 t_2 로 나눌 수 있다. 데이터의 전송 방식은 첫 번째 시간 구간 t_1 동안에 송신노드에서 중계기로 데이터 일부를 전송하고 중계기에서 이 신호를 복호한다. 중계기는 복호된 신호를 두 번째 시간 구간 t_2 동안에 도착노드로 전송하고 동시에 송신노드에서 도착노드로 나머지 데이터를 전송한다. 중계기는 t_2 동안에, t_1 동안에 받은 신호를 보내주므로 도착노드는 이전에 받은 신호와 MRC(maximal ratio combining)와 같은 적절한 수신 기술을 통해 다이버시티를 얻을 수 있다.

[0036] 본 발명에서는 송신노드에서 채널정보를 모르고 도착노드에서 완벽한 채널 상태 정보를 갖는다고 가정한다. 즉 송신노드-중계기 채널 정보를 중계기에서 모두 알고 있고, 각 링크(송신노드-중계기, 중계기-도착노드, 송신노드-도착노드)의 채널 정보를 모두 도착노드에서 알고 있다고 가정한다.

[0037] 각 링크에서의 채널은 $h_i = \sqrt{\gamma^{-\alpha}}$ 로 나타낼 수 있고, 여기서 γ 는 i 번째 링크($i = 1$ (송신노드-중계기), 2 (중계기-도착노드), 3 (송신노드-도착노드))의 거리를 나타내고, α 는 경로 손실 지수를 나타낸다. 채널은 프레임 구간 (T) 동안 일정한 채널 값을 가진다고 가정한다.

[0038] 송신노드에서 첫 번째 시간 구간 t_1 과 두 번째 시간 구간 t_2 에 전송하는 신호를 각각 x_1 과 x_2 로 나타낸다. 중계기에서 첫 번째 시간 구간 t_1 동안 수신한 신호 $y_{R,1}$ 은 다음 수학적 식 1과 같이 나타낼 수 있다.

수학적 식 1

[0039]
$$y_{R,1} = \sqrt{E_{SR}} h_1 x_1 + n_{R,1}$$

[0040] 수학적 식 1에서, E_{SR} 은 송신노드에서 보낸 하나의 심벌의 평균 신호 에너지를 나타내고, h_1 은 송신노드-중계기 링크의 채널 이득을 나타낸다. 또한 $n_{R,1}$ 은 중계기에서 수신한 신호에 대해 전력밀도 N_0 을 갖는 가산 백색 가우시안 잡음(Additive White Gaussian Noise; AWGN)으로서, 평균값은 0, 분산은 1로 가정한다.

[0041] 첫 번째 시간 구간 t_1 동안에 중계기는 수신한 신호를 복조, 복호하고 이 신호를 오류 없이 도착노드로 재전송한다. 그리고 두 번째 시간 구간 t_2 에 송신노드는 나머지 x_2 신호를 도착노드에 전송하면 도착노드에서 수신한 신호 $y_{D,2}$ 는 다음 수학적 식 2와 같이 나타낼 수 있다.

수학적 식 2

[0042]
$$y_{D,2} = \sqrt{E_{SD}} h_3 x_2 + \sqrt{E_{RD}} h_2 x_1 + n_{D,2}$$

[0043] 수학적 식 2에서 E_{SD} 은 송신노드에서 하나의 심벌이 송신노드-도착노드 링크를 통해 송신한 평균 신호 에너지를 나타내고, E_{RD} 은 중계기에서 하나의 심벌이 중계기-도착노드 링크를 통해 송신한 평균 신호 에너지를 나타낸다. $n_{D,2}$ 는 전력밀도 N_0 을 갖는 가산 백색 가우시안 잡음으로서, 평균값은 0, 분산은 1로 가정한다.

[0044] 위와 같은 채널 및 신호 모델에서 동작하는 부분 중계기 협력 다중화 기술은 송신노드와 도착노드 사이에서 중계기의 유동적인 위치를 고려하지 않고 고정된 시간 자원 t_1 과 t_2 가 할당된다면 전체적인 주파수 효율이 낮아진다. 예를 들어, 중계기의 위치가 송신노드에 가까울 경우 송신노드-중계기 링크의 채널 이득이 증가하고 반대로 중계기-도착노드 링크의 채널 이득이 감소하게 된다. 이때 max flow min cut theorem에 의해 채널 용량이 작은 중계기-도착노드 링크에 의해 시스템 용량이 결정된다. 따라서 송신노드에서 중계기로 전송된 데이터가 중계기에서 도착노드로 전송하는데 있어서 송신노드-중계기 링크의 용량에 비해 상대적으로 작은 중계기-도착노드 링크 용량을 가지므로, t_2 의 시간에 대하여 t_1 보다 긴 전송 시간을 할당해야 한다. 그러므로 본 발명에서는 유동적으로 변하는 중계기의 위치에 따라 최적의 시간을 할당하는 방법에 대해 제안을 한다.

[0045] 2. 부분 중계기 협력 다중화 기술에서 동적 최적 시간 할당 방법

[0046] 부분 중계기 협력 다중화 기술에서의 동적 최적 시간 할당 방법을 위한 프레임 구조는 기본적으로 도 3과 같이 나타낼 수 있고 데이터 전송 프로토콜 방식은 앞서 설명한 부분 중계기 협력 다중화 기술과 동일하다.

[0047] h_1, h_2, h_3 은 각각 송신노드-중계기 링크, 중계기-도착노드 링크, 송신노드-도착노드 링크의 채널을 나타내고 각각은 가산 백색 가우시안 잡음 채널을 가진다. SNR_1, SNR_2, SNR_3 은 각 채널에서의 신호 대 잡음비를 나타낸다.

[0048] t_1 동안에 송신노드-중계기 링크의 채널 용량은 신호 대 잡음비를 이용하여, $C_{SR} = \log_2(1 + |h_1|^2 * SNR_1)$ 로 표현할 수 있고, t_2 동안 중계기-도착노드, 송신노드-도착노드 링크의 채널 용량은 각각 $C_{RD} = \log_2(1 + |h_2|^2 * SNR_2)$ 와 $C_{SD} = \log_2(1 + |h_3|^2 * SNR_3)$ 으로 나타낼 수 있다. 각 시간 구간 t_1 과 t_2 를 고려하여 얻을 수 있는 부분 중계기 협력 다중화 기술에서의 시스템 용량 C_{pro} 을 다음 수학적 식 3과 같이 얻을 수 있다.

수학적 식 3

$$C_{pro} = t_1 * \log_2(1 + |h_1|^2 * SNR_1) + t_2 * \log_2(1 + \sum_{i=2}^3 (|h_i|^2 * SNR_i))$$

[0049]

[0050] 수학적 식 3에서 확인할 수 있듯이, 본 발명에서 제안된 시스템의 용량은 각각 할당되는 시간 구간 t_1 과 t_2 의 함수로서 표현되므로, 시스템 용량 C_{pro} 을 극대화할 수 있는 t_1 과 t_2 를 구하기 위해 다음과 같은 몇 가지 조건을 추가할 수 있다.

수학적 식 4

$$\max_{t_1, t_2} C_{pro}$$

[0051]

수학적 식 5

$$s.t. \quad t_1 C_{SR} < t_2 C_{RD}$$

[0052]

수학적 식 6

$$t_1 + t_2 = T$$

[0053]

수학적 식 7

$$t_1, t_2, C_{SR}, C_{RD}, C_{SD} \geq 0$$

[0054]

[0055] 수학적 식 4에서 확인할 수 있는 바와 같이, 목적 함수는 C_{pro} 이다. 수학적 식 5는 t_1 동안 중계기에 전송된 데이터 량이 t_2 동안 도착노드에 데이터의 손실 없이 모두 전송되는 조건식이다. 수학적 식 6은, 도 3에서 확인할 수 있듯이, 두 시간 구간 t_1, t_2 의 합은 전송 프레임의 시간 T 로 설정할 수 있음을 나타내고, 수학적 식 7은 두 시간 구간과 각 링크의 용량은 항상 양(positive)의 값을 가짐을 보인다. 위에서 구한 수학적 식 3은 t_1 과 t_2 에 대한 선형 형태로 설정되었고, 수학적 식 4, 수학적 식 5, 수학적 식 6 및 수학적 식 7과 같이 제한 조건이 설정 가능하므로, 선형

프로그래밍(linear programming)을 이용하여 최대의 시스템 용량을 얻을 수 있는 시간 구간 t_1, t_2 를 얻을 수 있다. 그러므로 고정적인 시간을 할당했을 때의 시스템 용량과 비교하여, 본 발명에서 제안된 추가 조건식에 따른 최적화된 방법을 이용했을 때 시스템 용량의 최대점을 구할 수 있다.

[0056] 본 발명의 일실시예에 따른 부분 중계기 협력 다중화 기술에서 중계기의 위치에 따른 동적 최적 시간 할당 방법의 성능을 평가하기 위하여, 전산 모의 실험을 수행하였다. 성능 평가를 위해, 채널의 페이딩 효과를 고려하지 않고 경로 손실만을 고려한 가산 백색 가우시안 잡음 채널을 사용하였고, 전체 데이터 전송 시간 T 는 1로 가정하였다. 또한, 송신노드와 도착노드 사이의 거리 L_{SD} 는 2로 설정하고 송신노드와 도착노드 사이에서 중계기의 위치를 나타내는 d_2 의 범위를 $0 \leq d_2 \leq L_{SD}$ 로 가정했다. 경로 손실 지수 α 는 3, 그리고 도 2에서 송신노드와 도착노드가 이루는 직선과 중계기의 수직 거리 d_1 은 0.1, 0.5, 1의 세 가지 경우를 고려하였다.

[0057] 3. 중계기의 위치에 따른 시스템 용량

[0058] 도 4는 중계기의 위치가 A방향으로 바뀔 때 부분 중계기 협력 다중화 기술에서의 시스템 용량의 변화를 나타낸다. 가로축은 도 2에서 설정한 d_2 , 즉 송신노드와 도착노드 사이에서 중계기의 위치를 나타낸다. 즉, $d_2=0$ 은 중계기가 송신노드와 동등한 위치에 존재할 경우이고, $d_2=2$ 는 중계기가 송신노드와 동등한 위치에 존재할 경우를 나타낸다. 세로축은 수학적 식 3에서 구한 시스템의 용량(capacity(bps/Hz))을 나타낸다.

[0059] 중계기의 위치가 A방향으로 변화(d_2 의 변화)함에 따라 중계기가 송신노드와 같은 위치에 존재할 경우 동적 최적 시간 할당 방법은 기존의 동일 시간 할당 방법에 비해 약 2.4bps/Hz의 향상된 시스템 용량을 얻을 수 있었다. 만일 d_1 이 감소하면 h_1 과 h_2 의 경로 손실이 작아지기 때문에 채널 이득이 증가하므로 전체 시스템 용량이 증가함을 확인할 수 있다. d_2 가 1인 위치 즉 중계기가 송신노드와 도착노드 사이의 가운데에 존재할 때 가장 낮은 시스템 용량을 보이나 기존의 방법에 비해 최대 약 0.2bps/Hz 높은 시스템 용량을 보인다. 그러므로 전 구간에 서 기존의 고정된 시간 할당 기술보다 전체 시스템 용량 측면에서 좋은 성능을 보인다. 또한 중계기의 위치가 송신노드에 가까워짐에 따라 d_2 가 감소하고 MISO(Multi-Input-Single-Output)시스템과 같은 방식으로 동작함을 확인할 수 있다. 그리고 d_2 가 증가함에 따라 SIMO(Single-Input-Multi-Output) 시스템과 같은 방식으로 동작함을 확인할 수 있다.

[0060] 4. 중계기의 위치에 따른 시간 구간(t_1, t_2)의 변화

[0061] 도 5는 부분 중계기 협력 다중화 기술에서 제안된 동적 최적 시간 할당 기술을 적용하여 송신노드와 도착노드 사이에서 중계기의 위치를 나타내는 d_2 의 변화에 따른 시간 구간 t_1 과 t_2 의 변화를 나타내고 있다. 가로축은 송신노드와 도착노드 사이에서 중계기의 위치를 나타내는 d_2 를 나타내고, 세로축은 각 시간 구간 t_1, t_2 에 할당되는 시간을 나타낸다.

[0062] 전체 데이터 전송 시간 T 는 1로 가정했고, 따라서 세로축의 최대값은 1로 설정한다. 송신노드와 도착노드가 이루는 직선과 중계기의 수직 거리 d_1 은 1, 0.5, 0.1의 세 가지 경우를 고려하였다.

[0063] 중계기의 위치가 송신노드에서 멀어질수록(d_2 가 증가할수록), 송신노드-중계기 링크에 할당되는 첫 번째 시간 구

간 t_1 값이 커짐을 확인할 수 있다. 또한, 중계기의 위치가 송신노드에 가까워질수록(d_2 가 감소할수록) t_1 은 줄고 t_2 의 값이 증가함을 확인할 수 있다. 이는 앞서 설명한 바와 같이, max flow min cut theorem에 의해 송신노드-중계기, 중계기-도착노드 링크에서 송신노드-중계기의 거리가 가까우면 전송 용량이 커지므로 시간 t_1 이 상대적으로 짧아진다는 것을 의미한다.

[0064] 이상 설명한 본 발명은 본 발명이 속한 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 다양한 변형이나 응용이 가능하며, 본 발명에 따른 기술적 사상의 범위는 아래의 특허청구범위에 의하여 정해져야 할 것이다.

도면의 간단한 설명

[0065] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 부분 중계기 협력 다중화 기술에서 중계기의 위치에 따른 동적 최적 시간 할당 방법의 흐름도.

[0066] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 부분 중계기 협력 다중화 기술에서 중계기의 위치에 따른 동적 최적 시간 할당 방법에 있어서 시스템 모델을 나타내는 도면.

[0067] 도 3은 본 발명의 부분 중계기 협력 다중화 기술의 전체 전송 프레임 구조를 나타낸 도면.

[0068] 도 4는 중계기의 위치와 중계기의 수직거리에 대하여 본 발명에서 제안된 방법에 의한 부분 중계기 협력 다중화 기술에서의 시스템 용량 변화를 나타낸 도면.

[0069] 도 5는 본 발명에서 제안된 동적 최적 시간 할당 방법을 적용하여 송신노드와 도착노드 사이에서 중계기의 위치에 따른 각 시간 구간 t_1 , t_2 의 변화를 보여주는 도면.

[0070] <도면 중 주요 부분에 대한 부호의 설명>

[0071] S100: 전체 전송 프레임 구간을 시간 구간으로 나누는 단계

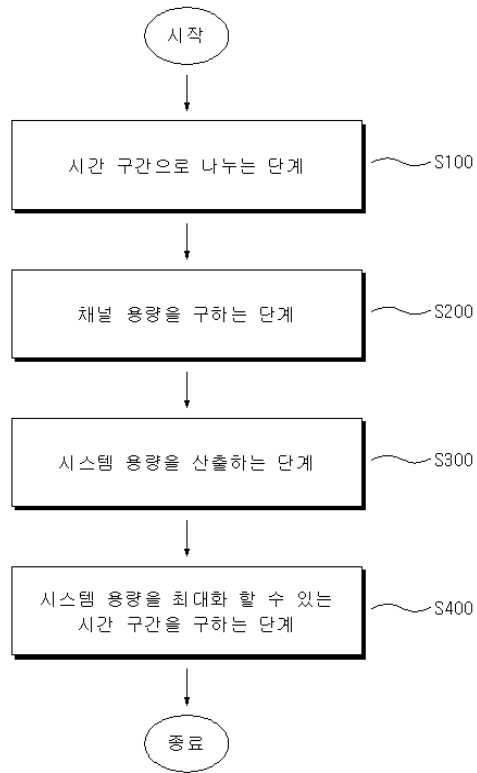
[0072] S200: 각 시간 구간의 채널 용량을 구하는 단계

[0073] S300: 부분 중계기 협력 다중화 기술에서의 시스템 용량을 산출하는 단계

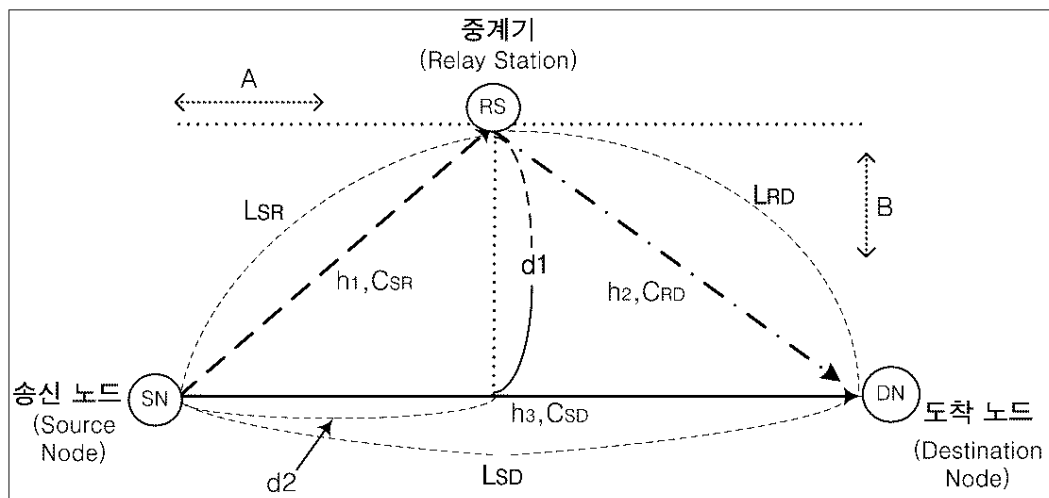
[0074] S400: 시스템 용량을 최대화할 수 있는 시간 구간을 구하는 단계

도면

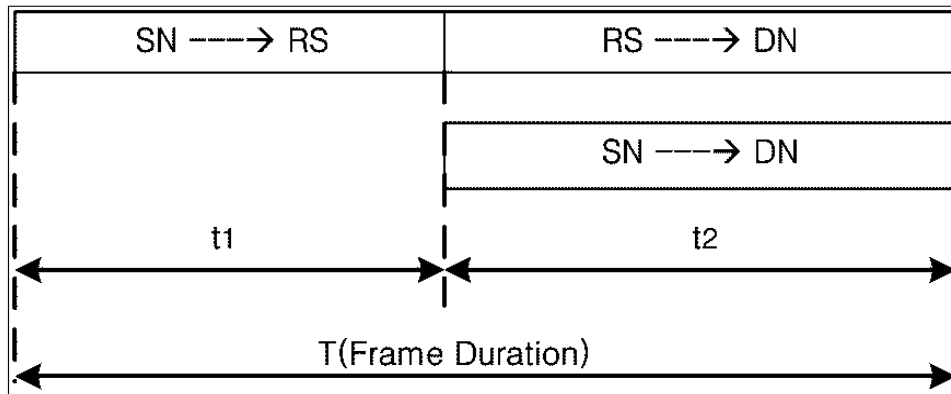
도면1



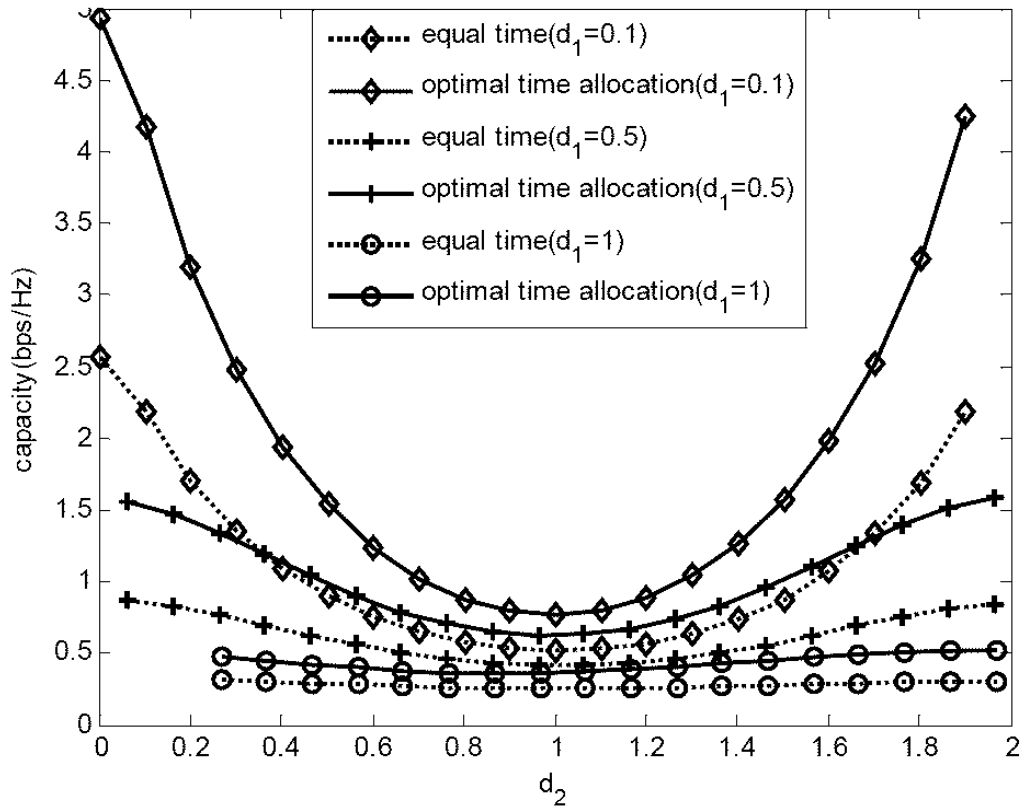
도면2



도면3



도면4



도면5

