(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0098263
(43) 공개일자 2008년11월07일

(51) Int. Cl.
H04L 12/28 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2007-0043726
(22) 출원일자 2007년05월04일
심사청구일자 2007년05월04일

(71) 출원인
국방과학연구소
대전 유성구 수남동 111번지
(72) 발명자
박의영
대전 유성구 전민동 엑스포아파트 13동 1001호
이용오
서울 서대문구 신촌동 134번지 연세대학교 제3공학관 705호
김영용
서울 서대문구 신촌동 134번지 연세대학교 제3공학관 705호
(74) 대리인
박장원

전체 청구항 수 : 총 11 항

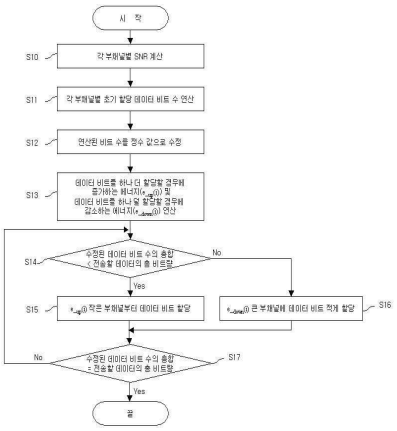
(54) 애드혹(Ad-hoc) 네트워크에서의 통신 방법

(57) 요 약

본 발명은 애드혹(Ad-hoc) 네트워크를 이용한 통신 방법에 관한 것으로, 이동 기지국을 이용한 통신시, 교섭 채널과 다수의 데이터 전송용 채널을 설정하고, 채널 교섭을 통해 공통 불사용(不使用) 채널을 파악하여, 파악된 채널을 이용하여 병렬적으로 다중 반송파 통신을 함으로써 통신 효율을 증가시킨다.

또한, 이동기지국에 있어서 각 채널별 통신 환경이 상이하므로, 각 채널별로 데이터 비트를 할당함에 있어, 비트를 추가로 할당할 때 증가되는 전송 에너지(e_{up})와 할당된 비트를 하나 감소시킬 때 감소하는 전송 에너지(e_{down})를 계산하여 초기 할당된 데이터 비트의 증감(增減)을 조절한다. 즉, 초기 할당된 데이터 비트로 요구 전송속도를 만족시키지 못하면 상기 e_{up}이 작은 채널에 데이터 비트를 우선 할당하고, 반대로, 요구 전송속도를 만족시킬 수준을 넘어선 상태로 데이터 비트가 초기 할당되어 있으면 상기 e_{down}가 큰 채널부터 데이터 비트의 할당을 감소시켜 최소의 에너지로 데이터 전송이 이루어질 수 있도록 한다.

대 표 도 - 도4



특허청구의 범위

청구항 1

이동 기지국(이하 노드(node)라 칭함)을 이용한 통신에 있어서,

특정 노드(이하 제1노드)와 데이터를 송/수신할 이웃 노드(이하 제2노드) 사이에 교섭 채널 및 적어도 하나 이상의 데이터 전송 채널을 설정하는 단계;

상기 설정된 데이터 전송 채널 중 상기 제1노드와 제2노드 간의 공통 불사용(不使用) 채널을 검출하는 단계;

상기 검출된 채널을 통해서 데이터를 전송하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 애드혹(Ad-hoc) 네트워크를 이용한 통신방법.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 채널 검출 단계는

상기 교섭 채널을 통하여 제1노드가 자신의 불사용(不使用) 채널에 관한 정보를 제2노드에 제공하는 과정;

상기 제공된 정보와 상기 제2노드의 불사용 채널에 관한 정보의 비교로 얻어진 공통 불사용 채널에 관한 정보를 상기 제2노드로부터 제공받는 과정;으로 구성되는 것을 특징으로 하는 애드혹 네트워크를 이용한 통신방법.

청구항 3

제 1항에 있어서, 상기 교섭 채널은

상기 제1노드와 제2노드 간에 사용 가능한 주파수 대역 중에서 선택됨을 특징으로 하는 애드혹 네트워크를 이용한 통신방법.

청구항 4

제 1항에 있어서, 상기 검출된 채널을 통해 데이터를 전송하는 단계는

상기 제1노드가 데이터 전송 허가를 요청하는 RTS(Request to Send) 메시지를 전송하는 과정과;

상기 RTS 메시지에 대한 전송 허가 메시지인 CTS(Clear to Send) 메시지를 상기 제2노드로부터 전송받는 과정과;

상기 CTS 메시지를 받으면 제2노드로 데이터를 전송하는 과정과;

상기 전송된 데이터에 대한 확인 메시지인 ACK(Acknowledge) 메시지를 상기 제2노드로부터 전송받는 과정;을 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 애드혹 네트워크를 이용한 통신 방법.

청구항 5

제 4항에 있어서, 상기 RTS 메시지를 전송하는 과정은

상기 RTS 메시지를 최대 전송전력으로 전송함을 특징으로 하는 애드혹 네트워크를 이용한 통신 방법.

청구항 6

제 1항에 있어서, 상기 제1노드와 제2노드의 통신반경 내에 있으나 데이터 송/수신에 참여하지 않는 노드는 NAV(Network Allocation Vector) 상태로 됨을 특징으로 하는 애드혹 네트워크를 이용한 통신 방법.

청구항 7

이동 기지국(이하 노드(node)라 칭함) 간의 통신에 있어서,

데이터를 송/수신할 이웃 노드와 채널 교섭을 통해 적어도 하나 이상의 공통 불사용(不使用) 채널을 검출하는 단계;

상기 검출된 각 채널에 데이터 비트를 할당함에 있어, 데이터 비트 할당의 증감(增減)에 따른 에너지 변동에 근거하여 데이터 비트를 할당하는 단계;

상기 할당된 데이터 비트에 따라 데이터를 전송하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 애드혹 네트워크를 이용한 통신방법.

청구항 8

제 7항에 있어서, 상기 데이터 비트를 할당하는 단계는

상기 검출된 채널별로 연산한 SNR (Signal to Noise Ratio) 값을 근거로 각 채널에 데이터 비트를 초기할당하는 과정;

상기 초기할당된 데이터 비트의 값보다 데이터 비트를 하나 더 할당할 경우에 증가하는 에너지와 데이터 비트를 하나 덜 할당할 경우에 감소하는 에너지를 연산하는 과정;

상기 검출된 각 채널에 초기 할당된 데이터 비트의 총합과 전송할 데이터의 총 비트량을 비교한 결과에 따라 상기 검출된 각 채널에 할당되는 데이터 비트의 증(增)/감(減)을 조절하는 과정;을 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 애드혹 네트워크를 이용한 통신 방법.

청구항 9

제 8항에 있어서, 상기 데이터 비트의 증(增)/감(減)을 조절하는 과정은

기 할당된 데이터 비트의 총합이 상기 전송할 데이터의 총 비트량 보다 작을 경우 상기 증가하는 에너지가 작은 채널에 우선하여 데이터 비트를 추가 할당하고, 기 할당된 데이터 비트의 총합이 상기 전송할 데이터의 총 비트량 보다 클 경우 상기 감소하는 에너지가 큰 채널에 데이터 비트를 적게 할당하는 것을 특징으로 하는 애드혹 네트워크를 이용한 통신 방법.

청구항 10

제 8항에 있어서, 상기 데이터 비트를 초기할당하는 단계는

각 부채널별 SNR 계산하는 과정;

상기 계산된 SNR 값을 근거로 각 부채널에 할당할 데이터 비트 수를 연산하는 과정;

상기 연산된 데이터 비트 수를 정수형 값으로 수정하는 과정;

상기 수정된 정수형 값에 따라 각 채널에 데이터 비트를 할당하는 과정;을 포함하는 것을 특징으로 하는 애드혹 네트워크를 이용한 통신 방법.

청구항 11

제 10항에 있어서, 수정된 정수형 데이터 비트 수를 전송할 변조 차수에 맞춰 수정하는 과정을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 애드혹 네트워크를 이용한 통신 방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

<11> 본 발명은 통신 방법에 관한 것으로서, 특히 Ad-hoc 네트워크에서의 통신 방법에 관한 것이다.

<12> Ad-hoc 네트워크란, 노드(node)들에 의해 자율적으로 구성되는 기반구조가 없는 네트워크를 말한다. 네트워크의 구성 및 유지를 위해 기지국이나 액세스 포인트(access point)와 같은 기반 네트워크 장치를 필요로 하지 않는다. 애드혹(Ad-hoc) 노드들은 무선 인터페이스를 사용하여 서로 통신하고, 멀티 홉 라우팅 기능에 의해 무선 인터페이스가 가지는 통신 거리상의 제약을 극복하며, 노드들의 이동이 자유롭기 때문에 네트워크 토폴로지(topology)가 동적으로 변화되는 특징이 있다. 애드혹 네트워크는 완전 독립형이 될 수도 있고, 인터넷 게이트웨이를 거쳐 인터넷과 같은 기반 네트워크와 연동될 수도 있다. 응용 분야로는 긴급구조, 긴급 회의, 전쟁터에서의 군사 네트워크 등이 있다.

<13> 애드혹 네트워크의 기본 구성이 제한된 축전지 용량을 가지고 동작하는 이동 노드 또는 단말을 활용하는 것이므로 데이터 송수신 과정에서 소모되는 에너지를 경감시킬 수 있는 프로토콜이나 알고리즘 등은 애드혹 네트워크 분야에서 많이 연구되는 분야 중의 하나이다.

<14> 종래 기술로서 애드혹 네트워크의 에너지 소모를 경감시키는 방법으로 소개된 것은 크게 2가지가 있다. 노드들을 휴면상태(Doze State)로 천이시키는 방법과 전력제어(Power Control)를 활용하는 방법이 그것이다.

<15> 먼저, 노드들을 휴면상태(Doze State)로 천이시키는 방법에 대해 살펴보면, 이 방법은 노드들이 전송상태(Transmit State), 수신상태(Receive State), 휴지상태(Idle State)에 있을 때 각각 다른 양의 에너지를 소모하는 것에 착안하여 제안된 방법이다. 그러나, 이 방법은 복잡한 시간일정(Schedule)이 필요하며, 에너지 소모를 감소시키기 위하여 네트워크에서 소통되는 제어 신호들 때문에 실질적인 데이터 전송용량이 감소 된다는 문제점이 있다.

<16> 에너지 소모를 경감시키기 위한 다른 방법으로 전력제어(Power Control)를 활용하는 방법은, 노드들 또는 단말들 사이의 무선링크의 연결을 유지할 수 있는 전송 전력을 최소화하여 에너지 소모를 경감시키는 방법이다. 이 방법은 특별히 추가되는 시간일정(Schedule)이 없으며, 네트워크에서 소통되는 용량의 저하가 크게 발생하지 않는다는 점에서 앞서 살펴본 휴면상태로 천이시키는 방법에 비해 장점이 있다. 그러나, 상기 전력제어 활용 방법에서 '전송 전력을 최소화시킨다'는 원리는 광범위하게 정의된 막연한 개념이기 때문에 그 구체적인 방법은 여러 가지가 있을 수 있다.

<17> 또, 종래 소개된 전력 최소화 기술은 단일반송파를 이용하면서 송수신 전력을 경감시키는 부분에 중점을 두었기 때문에, 애드혹 네트워크 통신을 위해 할당된 주파수 대역 중에서 사용하지 않는 주파수 대역이 발생할 가능성이 있어 대역폭 활용 측면에서 효율성 저하가 발생하였으며, 채널 상태의 영향을 많이 받는다는 문제점이 있었다. 또한, 다중반송파를 사용한다고 해도, 하나의 노드가 전송하는 전파의 반경 내에 하나 이상의 노드가 있을 경우 각 노드 간에 혼선이나 전파 감쇄 등의 문제점이 발생할 수 있다. 또한, 채널 상태 불량 등의 원인으로 전송하려는 데이터에 대한 요구 전송속도를 만족시키지 못할 경우 송신자의 QoS(Quality of Service)를 만족시키기 위해 데이터 비트를 무리하게 할당함에 따라 비효율적인 에너지 소모가 발생하는 문제점이 있었다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<18> 따라서, 본 발명의 목적은 애드혹(Ad-hoc) 네트워크를 이용한 통신에 있어 채널 교섭을 통해 확보된 채널로 다중반송파 통신을 하여 대역폭의 활용을 최대화하며, 상기 확보된 채널에 전송할 데이터 비트의 할당에 있어 소모되는 에너지를 최소화시키는 방법을 제공함에 있다.

<19> 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 애드혹 네트워크를 이용한 통신 방법은, 특정 노드(이하 제1노드)와 데이터를 송/수신할 이웃 노드(이하 제2노드) 사이에 교섭 채널 및 적어도 하나 이상의 데이터 전송 채널을 설정하는 단계; 상기 설정된 데이터 전송 채널 중 상기 제1노드와 제2노드 간의 공통 불사용(不使用) 채널을 검출하는 단계; 상기 검출된 채널을 통해서 데이터를 전송하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

<20> 바람직하게, 상기 채널 검출 단계는 데이터를 송/수신할 이웃 노드에 상기 교섭 채널을 통하여 자신이 사용하고 있지 않은 채널에 관한 정보를 제공하는 과정; 상기 제공한 채널 정보 중에서 상기 이웃 노드도 사용하고 있지 않은 채널에 관한 정보를 제공받아 공통으로 사용하고 있는 않은 채널을 검출하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 한다.

<21> 또한, 채널 교섭을 통해 공통으로 불사용하는 채널이 확보되면, 확보된 하나 이상의 채널에 데이터 비트를 할당하는 과정이 필요한데, 데이터 전송에 소모되는 에너지를 최소화 하기 위한 데이터 비트 할당 방법으로 본원 발명이 제시하는 방법은, 검출된 공통 채널별로 연산한 SNR (Signal to Noise Ratio) 값을 근거로 각 채널에 데이터 비트를 초기할당하는 과정; 상기 초기할당된 데이터 비트의 값보다 데이터 비트를 하나 더 할당할 경우에 증가하는 에너지와 데이터 비트를 하나 덜 할당할 경우에 감소하는 에너지를 연산하는 과정; 상기 검출된 각 채널에 초기 할당된 데이터 비트의 총합과 전송할 데이터의 총 비트량을 비교한 결과에 따라 상기 검출된 각 채널에 할당되는 데이터 비트의 증(增)/감(減)을 조절하는 과정;을 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.

발명의 구성 및 작용

<22> 이하, 본 발명의 바람직한 실시 예를 설명하면 다음과 같다.

<23> 도 1은 애드혹(Ad-hoc) 네트워크 통신에 있어 노드 배치의 일실시 예를 나타낸 도면이다.

<24> 도 1에 도시된 바와 같이, 애드혹 네트워크 통신에 있어서 이동 기지국이나 액세스 포인트(access point) 기능을 하는 노드(node)가 A, B, C, D 로 4개 표시되어 있다. A 노드 지점과 D 노드 지점 간의 통신을 위해 A→B→C→D 와 같이 순차적으로 데이터 전송이 이루어질 수도 있고, A→C→D 와 같이 데이터 전송이 이루어질 수도 있다. 또한 각 노드의 통신반경 내에 있는 노드 상호간(예를 들어, A↔B간, B↔C간, C↔D간)에도 개별적인 통신이 이루어질 수 있다. 또한, 도 1에 표시된 각 노드들은 이동성이 있으므로, 노드의 이동으로 특정 노드의 통신 반경 범위 내로 들어온 노드가 있다면 반경 범위 내의 노드 간에도 통신이 이루어질 수 있다.

<25> 도 1에 A 노드의 통신 반경을 원형의 점선으로 나타냈는데, 이는 무선 통신시 전파가 방사상(放射狀)으로 발산하기 때문에 원형으로 통신 반경을 표시한 것이다. 각 노드의 통신 반경은 가변적인데, A 노드에서 발산하는 전파의 전력을 높여준다면 A 노드의 통신 반경은 넓어질 수 있을 것이다. 다만, 발산하는 전파의 전력을 높이면 더 많은 에너지의 소모가 발생하므로, 충전지 등과 같이 제한된 전력자원으로 동작하는 이동노드에서 전송 전력을 높여주는 것은 충전지의 방전을 촉진시킬 것이다.

<26> 도 1에 도시된 바와 같이, B 노드와 C 노드 모 두 A 노드의 통신 반경 내에 포함되어 있으므로, A 노드와 B 노드 간의 통신에 의해 C 노드가 영향받을 수 있으며, 반대로, C 노드가 A - B 노드 간의 통신에 영향을 줄 수도 있다. 이러한 노드간 간섭을 제거하기 위한 방법은 다음 부분에서 설명하겠다.

<27> 도 2는 다중 반송파 통신에 따라 분할된 채널의 일실시 예를 나타낸 도면이다.

<28> 도 2에 도시된 바와 같이, 각 노드(A 노드, B 노드) 별로 하나의 교섭채널과 5개로 분리된 채널이 표시되어 있다. 도 2에서, 각 노드의 사용 대역폭을 2.4 Ghz ~ 2.5Ghz로 표시하였지만, 이는 일실시 예에 불과하며, 사용하는 대역폭은 각 네트워크나 통신 장치, 통신 규약 등에 따라 달라질 수 있다. 도 2에서는 각 노드에서 사용하는 대역폭의 저주파 부분에 교섭채널을 도시하였으나, 이 또한 일실시 예에 불과하며, 교섭채널이 대역폭에서 차지하는 부분도 변동 가능하다. 다만, 교섭채널이 차지하는 대역폭의 범위는 각 노드에서 동일하도록 설정됨이 바람직하다.

<29> 도 2에서, 교섭채널을 제외한 부분의 대역폭을 5개로 분리하여 표시하였는데, 이는 일실시 예에 불과하며, 대역폭을 분할하여 사용하는 채널 수는 통신환경이나 규약 등에 따라 조정 가능한 가변적인 수이다.

<30> 도 2에 도시된 바와 같이, 데이터 통신에 사용하는 대역폭을 적어도 하나 이상의 대역폭으로 분할한 뒤, 분할된 각 대역폭을 통해 병렬적인 통신을 수행하면, 정해진 대역폭을 하나의 반송파(carrier wave)를 이용하여 데이터 전송하는 것(단일 반송파 통신)에 비하여 데이터 전송의 효율성을 높일 수 있다. 다만, 분할하는 대역폭의 수가 지나치게 많으면 분할된 각 채널의 대역폭이 좁아지게 돼 채널간 간섭이나 에러가 발생할 확률이 높아질 우려가 있다.

<31> 도 2에서, 교섭채널(Negotiation channel)은 각 노드간에 공통으로 사용하지 않고 있는 채널을 파악하기 위한 채널을 의미한다. 도 2에서 사용중인 채널을 음영처리하여 표시하였는데, A 노드는 ② 채널을 사용중이며, B 노드는 ②, ⑤ 채널을 사용중이다. 따라서, A 노드와 B 노드간에 상기 교섭채널을 통해 파악할 수 있는 공통 불사용 채널은 ①,③,④ 채널이다.

<32> 도 3은 본 발명에 따른 통신 프로토콜(protocol)의 일실시 예를 나타낸 도면이다.

<33> 도 3에는 A, B, C 노드가 도시되어 있는데, A 노드의 통신반경 내에 B 노드와 C 노드가 있고 A↔B 노드간의 통신을 수행하려는 경우를 기준으로 도면이 표시되어 있다. 이는 도 1에서 나타난 것처럼 A, B, C 노드들이 배치되어 있을 때에도 적용이 가능할 것이다. 도 3에 표시한 '부채널'이란 용어는 다중 반송파 통신을 위해 분할된 일부 대역폭의 채널을 지칭하기 위해 사용하였다. 도 3에는 부채널이 1 ~ 4 까지 표시되어 있는데, 이는 대역폭을 4개의 대역폭으로 분할한 것을 일실시 예로 들었기 때문이며 대역폭을 분할하는 수는 임의로 변경이 가능하다. 도 3에서는 교섭채널까지 포함해 총 5개의 대역폭(교섭채널용 1개, 부채널용 4개)으로 분할된 것을 예로 들어 도시하였다.

<34> 도 3에 도시된 프로토콜에 대해 설명하면 다음과 같다.

<35> 먼저 송신노드(A 노드)는 채널교섭 요구 메시지(Negotiation ReQuest : NRQ)를 이용하여 자신이 사용하지 않는 부채널의 상태를 수신노드(B 노드)에게 상기 교섭채널을 통하여 제공한다. 수신노드(B 노드)는 채널교섭 요구 메시지를 받고, 상기 송신노드(A 노드)의 불사용 부채널 중 자신(B 노드)도 사용하지 않고 있는 부채널(부채널 1, 3, 4)에 대한 정보를 송신노드(A 노드)에게 제공하는 방식으로 채널교섭이 이루어진다. 도 3에서, 상기 채널교섭 요구 메시지(NRQ)에 대해 수신노드(B 노드)가 송신노드(A 노드)에 제공하는 채널교섭 응답 메시지

(Negotiation RePly)를 NRP 로 표시하였다.

<36> 도 3에 도시된 바와 같이, A 노드의 NPQ 메시지에 대응하여 B 노드가 NRP 메시지를 전송함에 따라, A 노드의 통신 반경 내에 있는 C 노드는 A 노드와 B 노드간의 통신에 방해가 되지 않도록 NAV(Network Allocation Vector) 상태로 된다. 상기 NAV 상태가 되면, 해당 부채널은 데이터 전송 등의 작업을 할 수 없는 상태가 된다. A 노드와 B 노드간에 부채널 1, 3, 4 를 통해 다중반송파 통신이 이루어지므로, C 노드에서 NAV 상태로 되는 것은 부채널 1, 3, 4 뿐이며, A 노드와 B 노드간의 통신 채널로 쓰지 않는 부채널 2는 NAV 상태로 되지 않는다. 상기 부채널 2는 C 노드가 상기 A, B 노드와 다른 노드와 통신을 하는데 이용될 수 있다.

<37> 종래의 애드혹 네트워크에서는 상기 NAV 상태 기간을 설정함에 있어서, 다른 채널과의 간섭이 생기는 것을 방지하는 것에 주안점을 두었기 때문에, 송수신 노드 간에 최소의 전송속도로 데이터를 전송할 때 걸리는 시간을 기준으로 설정하였다. 그러나, 본 발명에서 NAV 기간을 설정함에 있어서, 송수신 노드 간의 요구 전송속도를 고려하기 때문에, NAV 기간을 정확하게 송수신 노드간 전송이 완료되는 시점으로 조정할 수 있게 되었다. 따라서, 송수신 노드간 데이터 전송이 모두 이루어졌는데도, 송수신 노드의 통신반경 내에 있는 노드가 NAV 상태에 머물러 있어 노드 활용의 효율성이 떨어지는 문제점을 개선할 수 있다.

<38> 도 3에 도시된 바와 같이, 송신노드와 수신노드 간에 NRQ ↔ NRP 과정을 통해 채널 교섭이 이루어지면, 교섭이 이루어진 부채널을 통한 데이터 전송이 이루어지는데, 그 과정은 다음과 같다. 우선 송신노드(A 노드)가 RTS (Request to Send) 메시지를 전송한다. 상기 RTS 메시지는 데이터 전송 여부를 수신노드에 묻는 메시지에 해당한다. 상기 RTS 메시지에 대해 수신노드(B 노드)는 CTS (Clear to Send) 메시지로 응답하는데, 상기 CTS 메시지는 상기 송신노드 측의 전송 허가 요청 신호(RTS 메시지)에 대한 허가 메시지의 역할을 한다. 따라서, 송신 노드가 상기 CTS 메시지를 받으면 데이터를 전송하고, CTS 메시지를 받지 못하면 데이터 전송을 하지 않는다.

<39> 도 3에 도시된 바와 같이, 채널 교섭을 통해 확보된 부채널(부채널 1, 3, 4)을 통해 송신노드(A 노드)에서 RTS 메시지를 전송하고, 수신노드(B 노드)로부터 상기 확보된 모든 부채널(부채널 1, 3, 4)에 대해 CTS 메시지를 받았으므로 부채널 1, 3, 4 를 통한 데이터 전송이 이루어진다. 수신노드(B 노드)가 데이터를 전송받으면, 데이터를 전송받았다는 의미로 ACK (Acknowledge) 메시지를 송신노드(A 노드)로 보낸다.

<40> 상기 RTS ↔ CTS 메시지 전송 과정에서, 송신노드가 RTS 메시지를 보낼 때 최대 전송전력을 할당한다. 최대 전송전력으로 송신된 RTS 메시지를 수신할 수 있는 범위가 송신 노드의 통신반경이 되므로, 상기 과정을 통해 송수신 노드간 통신에 의해 영향을 받을 우려가 있는 다른 노드들(상기 송수신 노드들의 통신반경 내에 있는 다른 노드가 이에 해당할 것이다)을 NAV 상태로 천이시킬 수 있다. 최대 전송전력의 신호가 도달할 수 있는 영역에 있는 노드들은 노출되거나/숨겨진 단말들의 문제(Exposed/Hidden Terminal problem)를 발생시킬 수 있으므로 NAV 상태로 만들어 주는 것이다.

<41> 또한, 상기 RTS ↔ CTS 메시지 전송 과정을 통해 최대 전송율에 대한 정보를 획득할 수 있는데, 상기 RTS ↔ CTS 메시지 전송 과정을 통해 채널상태 정보를 제공하고 다시 피드백(Feedback) 받는 방식은 Basic Power Control(BPC)로 불린다. 여러 개의 채널로 데이터 비트를 할당하여 전송하려 할 때, 각 채널의 상태가 동일하지 않기 때문에 채널에 대한 정보를 미리 파악할 필요가 있다.

<42> 도 3에 도시된 바와 같이, 송신노드(A 노드)는 채널교섭으로 확보된 채널(부채널 1, 3, 4)를 통하여 수신노드(B 노드)로부터 CTS 메시지를 수신한 뒤 DATA를 전송한다. 이때, 상기 송신노드(A 노드)는 수신노드(B 노드)로부터 전송받은 상기 CTS 메시지에 포함된 수신전력 정보를 이용하여 성공적인 전송이 가능한 최소 전송전력으로 DATA 메시지를 전송한다. 여기서, 성공적인 전송이 가능한 최소 전송 전력은 송신노드가 송출한 최대 출력의 전력 크기, 송/수신 노드간 거리, 수신 전력의 크기, 송/수신 노드간 통신에 있어 요구되는 BER 등의 정보를 근거로 산출한다.

<43> 수신노드(B 노드)가 DATA 를 성공적으로 수신하면, ACK (acknowledge) 메시지를 송신노드(A 노드)로 전송한다. 또한 수신노드(B 노드)가 통신반경 내(內)에 있는 다른 노드(C 노드)로 전송할 데이터가 있는 경우, 송/수신 노드간의 채널 교섭을 통해 공통으로 이미 사용하고 있는 채널이 아닌 다른 채널(부채널 2)의 NAV 상태가 끝나는 시점에 상기 C 노드로 NRQ (Negotiation ReQuest) 메시지를 전송한다. 이후, 상기 B 노드와 C 노드 사이의 데이터 전송 과정은 A 노드와 B 노드에서 진행된 순서와 동일하게 NRQ ↔ NRP 메시지를 활용하여 채널을 교섭하고, 채널교섭을 통해 확보된 채널(부채널 2)를 이용하여 RTS → CTS → DATA → ACK 메시지 순서에 따라 데이터 송수신을 수행한다.

<44> 앞서 설명한 바와 같이, 송/수신 노드간에 채널 교섭 과정을 거쳐 다중반송파 통신을 할 경우, 확보된 여러 개

의 채널로 전송할 DATA를 할당하는 과정이 필요하다. 이를 위해, 우선, 송신노드에서 데이터 전송에 요구되는 속도를 계산하게 된다. 상기 요구되는 속도는, 전송할 데이터 양, 통신규격, 통화 지연을 사용자가 느끼는 정도, 채널 상태, 소모되는 전력량 등의 여러 요인에 의해서 가변적으로 결정된다.

<45> 상기 요구 전송속도가 채널 교섭을 통해 확보된 현 채널 상태에서의 최대 전송속도보다 크면, 송신자의 QoS(Quality of Service)를 만족시키지 못하기 때문에 각 채널에 추가적인 데이터 비트의 할당이 필요하다. 반면, 상기 요구 전송속도가 현 채널 상태에서의 최대 전송속도보다 작은 경우, 이미 할당된 데이터 비트를 감소시켜 데이터 전송에 따른 전력 소모 효율성을 증가시킬 수 있다.

<46> 채널 교섭을 통해 확보된 각 채널을 이용하여 다중반송파 통신을 함에 있어서, 각 채널의 통신 환경이 동일한 것이 아니기 때문에 각 채널에 할당된 데이터 비트를 더 할당하거나 덜 할당할 경우에 각 채널의 통신 환경을 고려할 필요가 있다. 또한, 이동기지국을 이용하여 통신을 하는 애드혹 네트워크에 있어서, 각 이동기지국은 각기 다른 곳에 위치하며 이동으로 인해 위치가 수시로 변할 수 있으므로, 채널 환경도 각 이동기지국별로 상이한 경우가 많다. 동일한 양의 데이터 비트를 전송하더라도, 어느 채널에 얼마만큼의 데이터 비트를 할당하느냐에 따라 에너지 소모량이 달라질 수 있으므로 각 채널 환경에 적합하게 비트를 할당하여야 최소의 에너지로 동일한 데이터 전송을 할 수 있다.

<47> 따라서, 본 발명에서 데이터 전송시 에너지 소모를 최소화 할 수 있는 비트할당 알고리즘을 제안하였으며, 이를 도 4를 기준으로 설명하면 다음과 같다.

<48> 도 4는 본 발명에 따른 데이터 비트 할당 과정을 나타낸 흐름도이다.

<49> 도 4에 도시된 바와 같이, 우선 데이터 전송을 위한 각 채널별 특성 파악을 위해 각 채널별로 SNR 을 계산한다.(S10) 데이터 비트의 전송 파워 값을 구하기 위해서는 SNR 값이 필요한데, SNR은 signal to noise ratio 의 약어로서, 다음과 같이 정의된다.

수학식 1

<50>
$$SNR = \frac{|H_n|^2 S_n}{a\sigma^2}$$

<51> 여기서, σ^2: noise variance of AWGN (Additive White Gaussian Noise) , H : channel gain, S : transmit power per symbol, n : sub-channel index 을 각각 의미한다. 상기 SNR 값을 이용하여 SNR Gap을 계산할 수 있는데, 상기 SNR Gap은 Modulation Scheme이 요구하는 BER (Bit Error Rate)을 만족시킬 때의 SNR값에 대한 현재 SNR 값의 비율이다. Shannon Capacity에 의한 전송속도를 practical bit rate 이라 하고, modulation Scheme이 요구하는 BER 을 만족시킬 때의 data rate를 Maximum bit rate of system이라고 하면 SNR Gap은 다음과 같이 정의된다.

수학식 2

<52>
$$\Gamma = \frac{2^{C/a}-1}{2^{R/a}-1} = \frac{SNR}{2^{R/a}-1}$$

<53> 여기서, a : dimension for M-QAM modulation scheme , Γ : SNR Gap , C : practical bit rate, R : Maximum bit rate of system 을 의미한다.

<54> 상기 수식에 따라 각 부채널별로 SNR 값과 SNR Gap 값이 계산되면 각 부채널별 초기 할당 데이터 비트 수를 연산한다.(S11) 각 부채널별로 할당되는 데이터 비트 수는 다음과 같이 계산될 수 있다.

수학식 3

$$R_n = \log_2\left(1+\frac{|H_n|^2 S_n}{2\Gamma_n \sigma^2}\right)$$

<55>

<56> 그리고, 전체반송파의 data rate는 다음과 같다.

수학식 4

$$R = \frac{1}{T_{sym}} \sum R_n$$

<57>

<58> 여기서, T_{sym} : symbol duration 을 의미한다.

<59> 상기 수학식 3 으로부터 각 부채널의 sub-carrier당 할당되는 bit 수가 R_n이면 그 때의 전송파워값은 다음과 같이 정의된다.

수학식 5

$$P_n = \frac{2\Gamma_n \sigma^2_n}{|H_n|^2}(2^{R_n}-1)$$

<60>

<61> 각 부채널별 초기 할당 데이터 비트 수에 대한 연산이 이루어지면(S11), 상기 연산된 비트 수를 정수 값(이하 i 번째 부채널에 할당된 정수형의 데이터 비트 수를 b(i)로 표시한다)으로 수정한다.(S12) 통상적으로 송신할 신호에 대하여 변조(modulation) 과정을 거치므로, 상기 b(i)를 변조 차수(Modulation order)에 맞추기 위해 0, 1, 2, 4, 6 값으로 수정하는 과정이 부가될 수 있다. 변조 차수 값을 꼭 0, 1, 2, 4, 6 으로 한정할 필요는 없으나, BPSK, QPSK, 4-QAM, 16-QAM, 64-QAM 등과 같이 일반적으로 많이 사용되는 변조 방식에 맞출 경우, 변조 차수에 맞도록 상기 b(i) 값을 조정할 필요가 있다.

<62> 비트 수의 수정 후(S12), 채널이득(channel gain)과 잡음 분산 값, 전송파워 값을 이용해 각 채널에 데이터 비트를 하나 더 혹은 덜 할당할 때의 전송파워차이 (power gap : $e_{up}(i)$, $e_{down}(i)$)을 구한다.(S13)

<63> 정수 값으로 수정한 데이터 비트수(b(i))의 총합과 전송할 데이터의 총 비트 량(이하 B_{total}로 표기)을 비교하여(S14), 상기 b(i)의 총합이 상기 B_{total}보다 크면 현재의 비트 할당 총합이 전송할 총 비트 량보다 크다는 의미이므로, 에너지 소모의 최적화를 위해 비트 할당을 줄여야 한다. 이때, 비트를 덜 할당할 때 power 이득을 제일 많이 얻을 수 있는, 즉, $e_{down}(i)$가 제일 큰 부채널의 비트 할당을 줄여준다.(S16) 반대로, 상기 b(i)의 총합이 상기 B_{total}보다 작다면 현재의 비트할당 총합이 전송할 총 비트 량보다 작다는 의미이므로, 비트 할당을 늘려야 할 것이다. 따라서, 비트를 더 할당할 때 추가로 부담하게 될 power 가 가장 적은, 즉 $e_{up}(i)$가 가장 적은 부채널의 비트 할당을 늘려준다.(S15) 이 과정은 현재의 비트 할당 총합과 전송할 총 비트량이 같아질 때까지 반복된다.(S17)

<64> 본 발명에 따른 데이터 비트 할당 알고리즘을 적용한 시뮬레이션(simulation) 결과를 도 5 ~ 9 에 도시하였다. 시뮬레이션시 각 노드간에 사용하는 대역폭, 노드 수, 노드 간의 거리, 채널교섭으로 확보된 부채널 수, Noise의 정도 등의 조건은 가변적이므로, 도 5 ~ 9에서 표시된 시뮬레이션 결과는 본 발명의 일실시 예에 불과하다. 상기 시뮬레이션에서는 채널상태가 레일리 분포(Rayleigh distribution)의 특성을 가지는 있는 경우로 전제하였으며, 채널 교섭으로 확보된 부채널의 수가 16개인 경우에 본 발명에 따른 데이터 비트 할당 알고리즘을 적용한 결과를 나타내었다.

<65> 도 5는 각 부채널별 SNR(Signal-to-Noise Ratio)을 도시한 도면이다.

<66> 여기서 말하는 부채널이란, 앞서 설명한 바와 같이, 각 노드(node) 간에 채널 교섭을 통해 확보된 채널을 뜻한다. 즉, 도 5에 부채널이 1~16까지 도시되어 있는 것은, 채널 교섭을 통해 확보된 채널이 16개라는 의미이다. 각 부채널별로 통신 환경이 다르기 때문에 SNR 수치도 각각 다르게 나타난다.

<67> 도 6은 초기 할당된 데이터 비트 수의 연산결과를 각 부채널별로 나타낸 도면이다.

<68> 도 6에 도시된 바와 같이, 연산된 각 부채널별 데이터 비트 수가 정수 값이 아닌 부동소수점(floating) 값이다. 비트(bit)는 정보의 최소 단위이므로 정수 값으로 수정할 필요가 있다.

<69> 도 7은 변조방식에 맞춰 정수형으로 수정된 데이터 비트 수를 각 채널별로 나타낸 도면이다.

<70> 도 7에 도시된 바와 같이, 각 부채널별 데이터 비트 수가 정수 값을 갖으며, 1, 2, 4, 6 값 중에 한가지 값으로 표시되어 있다. 도 7에 도시된 정수 값은 도 6에 도시된 부동소수점 값을 정수형으로 수정한 후 변조 차수에 맞추어 조정한 값이다. 부동소수점 값을 정수 값으로 수정하는 방법은 반올림, 버림, 올림 등의 여러가지 방법이 있을 수 있다.

<71> 도 8은 각 부채널별로 하나의 데이터 비트를 더 할당할 경우 증가하는 에너지를 나타낸 도면이다.

<72> 도 8에 데이터 비트를 하나 더 할당할 경우에 증가되는 전송에너지가 작은 5개의 부채널을 별도로 표시하였다. 추가로 할당할 데이터 비트가 5개일 경우, 도 8에 도시된 바와 같이, 부채널 4, 7, 8, 13, 15에 데이터 비트가 추가로 할당될 것이다. 도 8에서 전송 에너지가 작은 부채널로 선택된 수가 5개인 것 자체에 중요한 의미가 있는 것은 아니며, 다만, 요구 전송속도를 충족시키기 위해 추가로 할당할 비트 수가 5개인 경우를 상정하여 도면에 표시한 것이다. 즉, 추가로 할당되는 데이터 비트의 수는 경우에 따라 가변적이다.

<73> 도 8에서, 부채널 6, 14, 16은 증가되는 에너지가 0 [mJ] 로 표시되었음에도, 증가되는 전송에너지가 적은 5개의 채널에 해당하지 못했는데, 이는 변조 차수에 따라 데이터 비트 할당에 제약을 가했기 때문이다. 도 7에 도시된 바와 같이, 부채널 6, 14, 16은 할당된 정수형 데이터 비트 수가 6개인데, 본 시뮬레이션에서 변조 차수상 각 부채널에 할당되는 최대 데이터 비트 수를 6개로 한정해 놓았기 때문에 이미 6개의 데이터 비트가 할당된 상기 부채널 6, 14, 16 에는 추가로 데이터 비트를 할당하지 않으며, 이에 따라 증가에너지가 0 [mJ]로 표시된 것이다. 즉, 상기 부채널 6, 14, 16 에 데이터 비트를 하나 더 할당할 경우 증가하는 에너지가 없는 것이 아니라, 이미 할당할 최대 데이터 비트 수만큼 할당되어 있기 때문에 증가하는 에너지를 표시하지 않은 것이다.

<74> 도 9은 각 부채널별 최종적으로 할당된 데이터 비트를 나타낸 도면이다.

<75> 도 9에 도시된 바와 같이, 도면의 좌측에 각 부채널별로 할당된 초기 정수형 데이터 비트 수를 나타냈으며, 도면의 우측에 추가로 데이터 비트를 할당한 결과 최종적으로 할당된 데이터 비트 수를 표시하였다. 초기에 할당된 비트 수와 비교해볼 때, 추가로 할당된 데이터 비트 수가 1개인 부채널도 있으며, 2개인 부채널도 있는데, 이는 변조 차수를 고려하여 시뮬레이션을 했기 때문이다. 즉, 실제로 전송할 데이터 비트 수를 할당할 때, 변조 차수를 고려하여 0, 1, 2, 4, 6 중의 하나로 데이터 비트 수를 제한했기 때문에 데이터 비트가 하나 더 할당되어 5개가 되어야 함에도 최종적으로 전송할 비트 수는 6개로 표시된 것이다.

<76> 도 10은 본 발명에 따른 통신방법을 이용한 전송방법을 사용한 경우와 단일반송파 전송방법을 사용한 경우 간의 패킷(packet)당 에너지를 비교한 그림이다.

<77> 50m부터 200m까지 50m간격으로 배치되어 있는 4개의 노드가 노드 1 → 노드 2 → 노드 3 → 노드 4 → 노드 1 의 순서로 데이터를 전송하는 것을 가정하여 시뮬레이션(simulation) 하고, 그 결과에 근거하여 산출한 값을 도 10에 나타낸 것이다. 시뮬레이션에서, 전송하고자 하는 데이터는 매 90ms(millisecond)마다 2020 byte를 생성하는 것으로 설정하였으며, 요구 비트 속도는 24Mbps로 고정하였다. 부채널 개수는 48개이고 심볼(symbol) 주기는 4μs이다. IEEE 802.11a 기준에 따르면, 24Mbps의 요구 비트 속도를 내기 위해서 코드율이 1/2인 16-QAM을 사용하는 경우, 심볼당 192비트가 할당되어야 한다. SNR GAP은 QAM이 BER=10^{-6}을 가질 때 이용되는 8.8dB값을 이용하였다.

<78> 도 10에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따라 다중 반송파 전송 및 비트 할당 알고리즘을 사용할 경우, 단일 반송파로 데이터를 전송하는 것과 비교해 볼 때, 패킷당 소모 에너지가 절반 이하로 감소하였다. 이는 에너지 효율성이 100% 이상 증가한 것과 동일한 의미이다. 즉, 본원 발명이 제시한 통신 방법을 사용할 경우 동일한 양의 데이터를 전송함에 있어 에너지 소모를 절반 이하로 줄일 수 있기 때문에 배터리 등이 장착된 이동기지국을 이

용하는 애드혹 네트워크에서 에너지 활용성을 증가시킬 수 있는 것이다.

<79> 이상, 본 발명의 바람직한 실시 예 및 시뮬레이션 결과를 참조로 설명하였다. 여기서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니되며, 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

<80> 따라서, 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 일 실시예 이거나, 특정 조건 하에서의 시뮬레이션 결과에 불과할 뿐이고, 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형 예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.

발명의 효과

<81> 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 애드혹 네트워크를 통한 통신 방법은 동일한 양의 데이터를 전송함에 있어 에너지 소모를 최소화할 수 있다는 효과가 있다. 데이터 전송에 소모되는 에너지를 최소화하면 배터리에서 전원을 충당하는 이동 기지국 활용 시간도 연장시킬 수 있다.

<82> 또한, 애드혹 통신에 사용되도록 할당된 주파수 대역을 사용함에 있어, 다수개의 부채널로 나누어 다중반송파 통신을 하므로 채널 다이버시티(diversity)가 높아지고 할당된 주파수 대역폭의 활용률도 높아진다.

<83> 또한, 특정 노드의 통신 반경 범위 내에 있는 다른 노드를 NAV 상태로 천이시켜 각 노드간의 혼선이나 간섭을 방지할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

<1> 도 1은 애드혹(Ad-hoc) 네트워크 통신에 있어 노드 배치의 일실시 예를 나타낸 도면

<2> 도 2는 다중 반송파 통신에 따라 분할된 채널의 일실시 예를 나타낸 도면.

<3> 도 3은 본 발명에 따른 통신 프로토콜의 일실시 예를 나타낸 도면.

<4> 도 4는 본 발명에 따른 데이터 비트 할당 과정을 나타낸 흐름도.

<5> 도 5는 각 부채널별 SNR(Signal-to-Noise Ratio)을 도시한 도면.

<6> 도 6은 초기 할당된 데이터 비트 수의 연산결과를 각 부채널별로 나타낸 도면.

<7> 도 7은 변조방식에 맞춰 정수형으로 수정된 데이터 비트 수를 각 부채널별로 나타낸 도면.

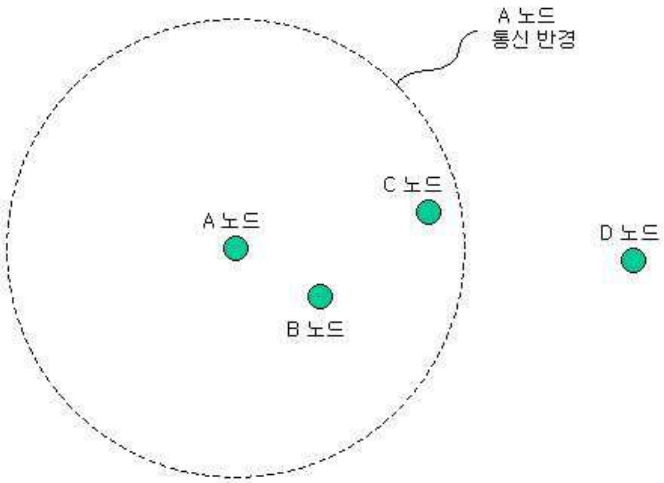
<8> 도 8은 각 부채널별 하나의 데이터 비트를 더 할당할 경우 증가하는 에너지를 나타낸 도면.

<9> 도 9는 각 부채널에 최종적으로 할당된 데이터 비트를 나타낸 도면.

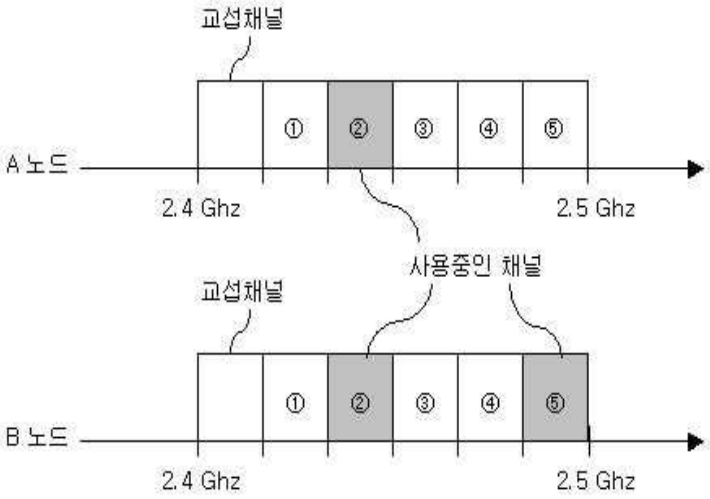
<10> 도 10은 본 발명에 따른 통신방법을 이용한 전송방법을 사용한 경우와 단일반송파 전송방법을 사용한 경우 간의 패킷(packet)당 에너지를 비교한 그림.

도면

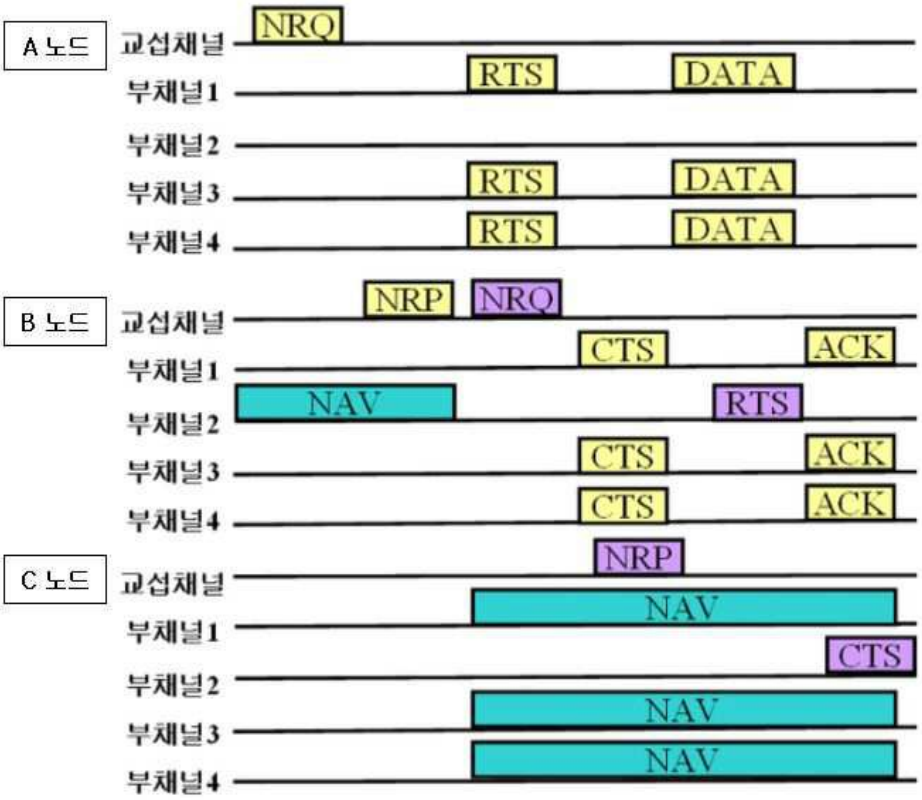
도면1


A 노드
통신 반경
C 노드
A 노드
D 노드
B 노드

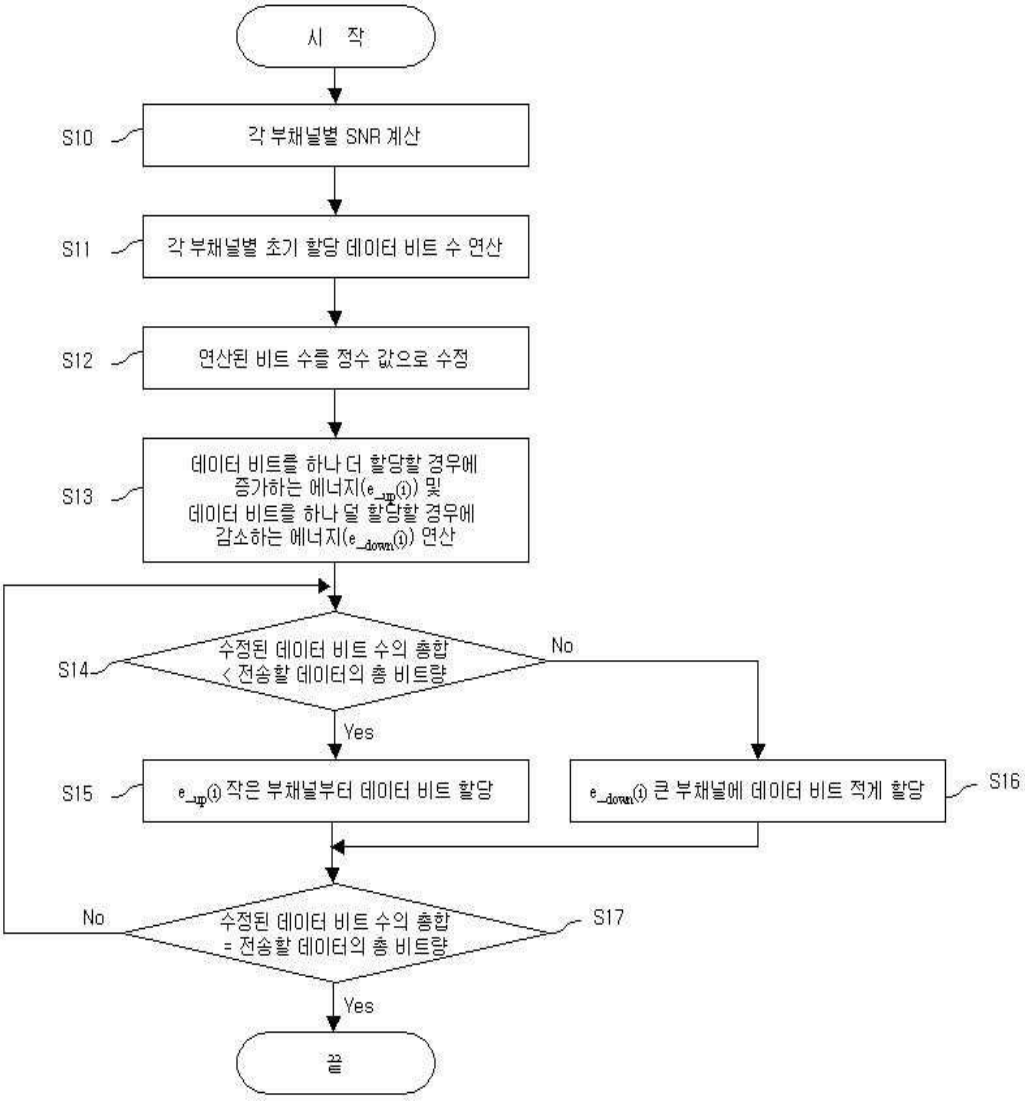
도면2


교섭채널
①
②
③
④
⑤
A 노드
2.4 Ghz
2.5 Ghz
사용중인 채널
교섭채널
①
②
③
④
⑤
B 노드
2.4 Ghz
2.5 Ghz

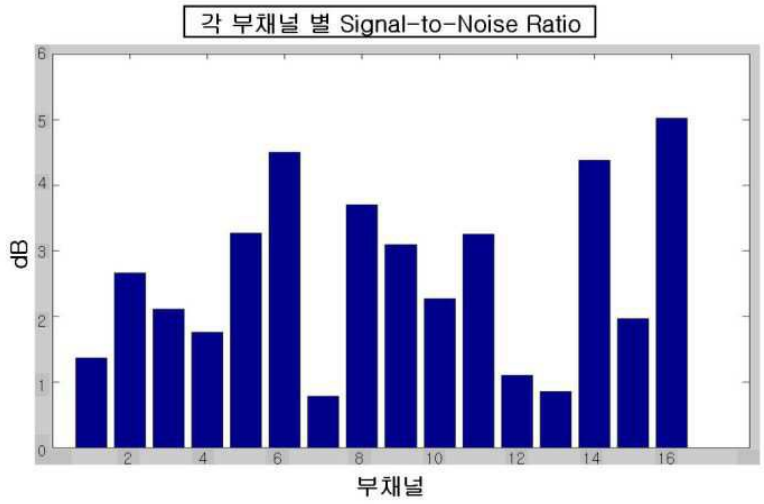
도면3


A 노드
교섭채널
NRQ
부채널1
RTS
DATA
부채널2
부채널3
RTS
DATA
부채널4
RTS
DATA
B 노드
교섭채널
NRP
NRQ
부채널1
CTS
ACK
부채널2
NAV
RTS
부채널3
CTS
ACK
부채널4
CTS
ACK
C 노드
교섭채널
NRP
부채널1
NAV
부채널2
CTS
부채널3
NAV
부채널4
NAV

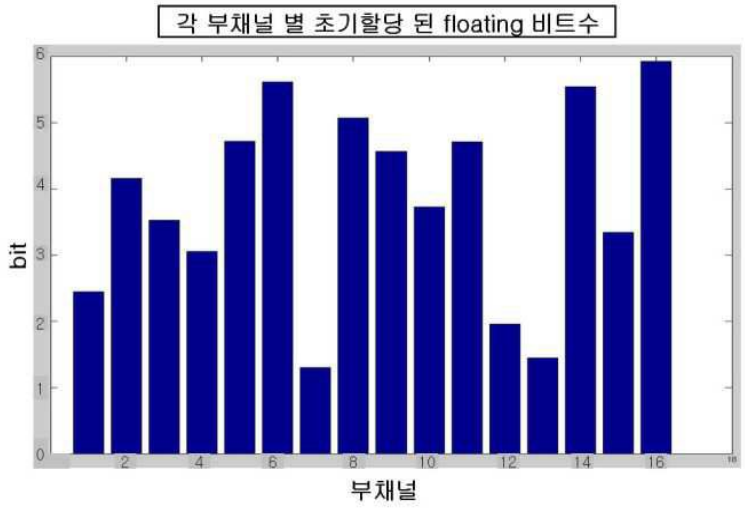
도면4


시 작
S10
각 부채널별 SNR 계산
S11
각 부채널별 초기 할당 데이터 비트 수 연산
S12
연산된 비트 수를 정수 값으로 수정
S13
데이터 비트를 하나 더 할당할 경우에 증가하는 에너지($e_{_up}(i)$) 및 데이터 비트를 하나 덜 할당할 경우에 감소하는 에너지($e_{_down}(i)$) 연산
S14
수정된 데이터 비트 수의 총합 < 전송할 데이터의 총 비트량
No
Yes
S15
$e_{_up}(i)$ 작은 부채널부터 데이터 비트 할당
$e_{_down}(i)$ 큰 부채널에 데이터 비트 적게 할당
S16
No
수정된 데이터 비트 수의 총합 = 전송할 데이터의 총 비트량
S17
Yes
끝

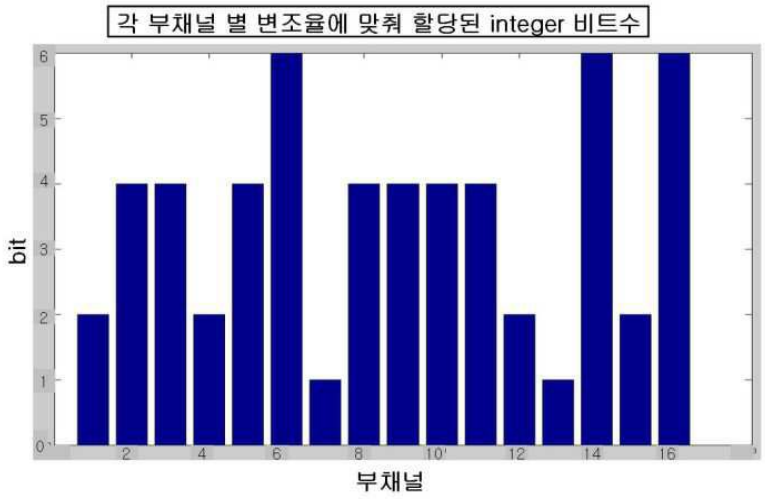
도면5


각 부채널 별 Signal-to-Noise Ratio
dB
부채널
0
1
2
3
4
5
6
2
4
6
8
10
12
14
16

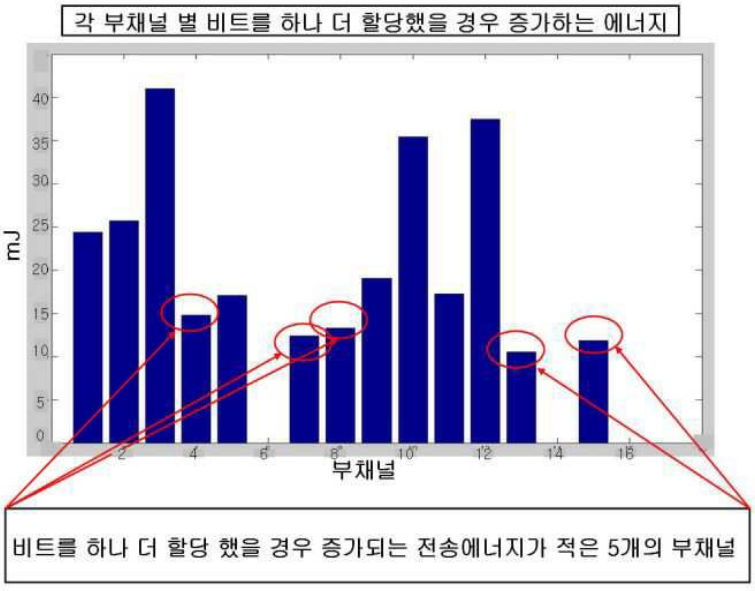
도면6


각 부채널 별 초기할당 된 floating 비트수
bit
부채널
0
1
2
3
4
5
6
2
4
6
8
10
12
14
16

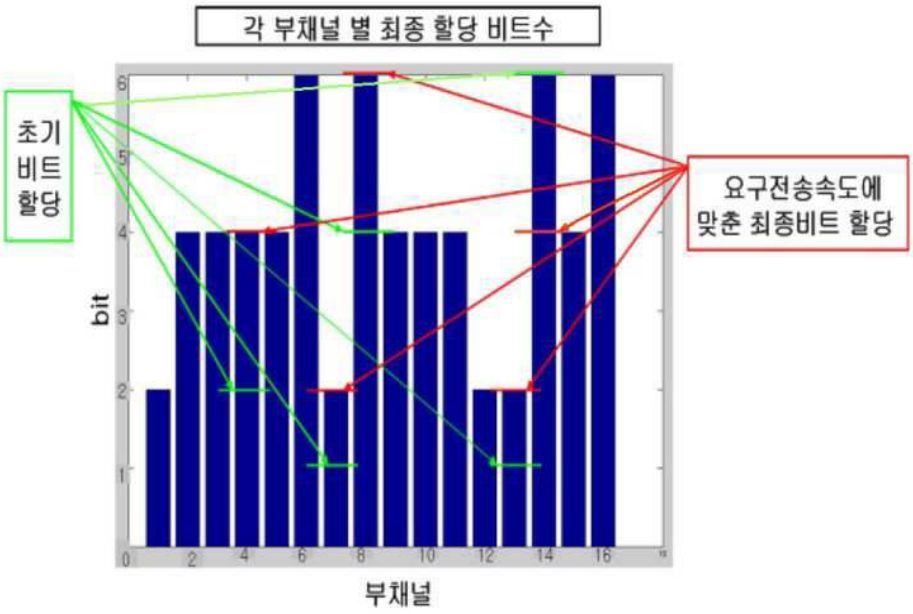
도면7


각 부채널 별 변조율에 맞춰 할당된 integer 비트수
bit
부채널

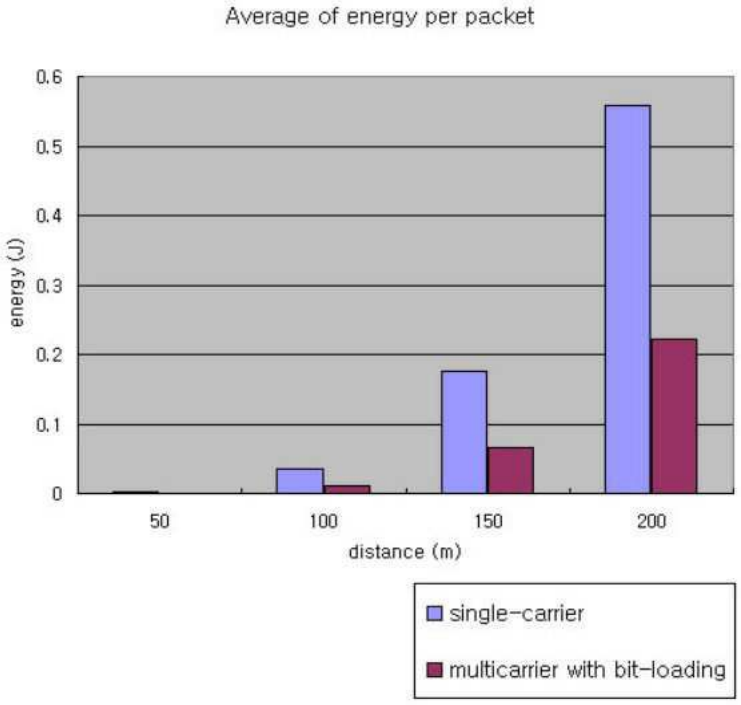
도면8


각 부채널 별 비트를 하나 더 할당했을 경우 증가하는 에너지
mJ
부채널
비트를 하나 더 할당 했을 경우 증가되는 전송에너지가 적은 5개의 부채널

도면9


각 부채널 별 최종 할당 비트수
초기 비트 할당
요구전송속도에 맞춘 최종비트 할당
bit
부채널

도면10


Average of energy per packet
energy (J)
distance (m)
single-carrier
multicarrier with bit-loading