



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년08월22일
(11) 등록번호 10-0853606
(24) 등록일자 2008년08월14일

(51) Int. Cl.

H04L 12/28 (2006.01) H04B 7/26 (2006.01)

H04L 29/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2006-0132048

(22) 출원일자 2006년12월21일

심사청구일자 2006년12월21일

(65) 공개번호 10-2007-0066958

(43) 공개일자 2007년06월27일

(30) 우선권주장

05257911.7 2005년12월21일

유럽특허청(EPO)(EP)

(56) 선행기술조사문헌

EPO 조사보고서

US20040266339 A1

전체 청구항 수 : 총 17 항

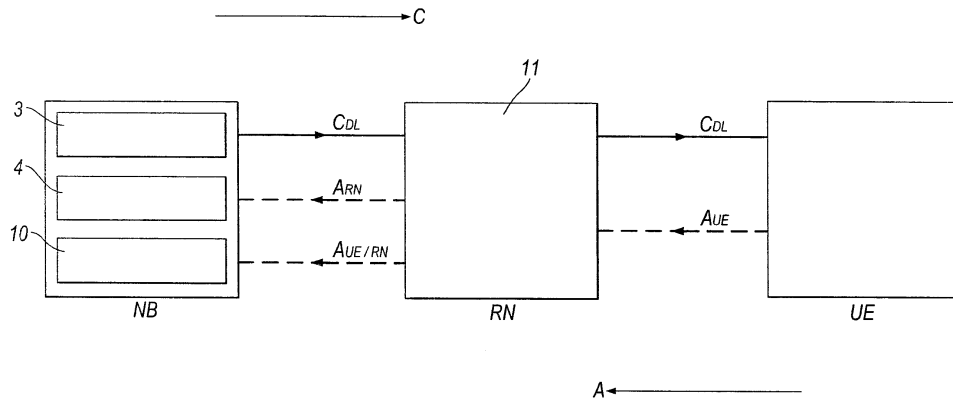
심사관 : 김대성

(54) 다중-홉 통신 시스템에서의 시그널링

(57) 요약

본 출원은 하나 이상의 관리 신호가 2개 이상의 다중-홉 통신 링크를 통해 전송되어야만 하는 다중-홉 통신 시스템과 연관된 시그널링 오버헤드를 감소시키는 기술에 관한 것이다. a) 상기 다중-홉 시스템의 통신 장치에 의해 도출되는 절대값을 나타내는 절대 관리 신호, 및 b) 상기 절대값에 대하여 상대적인, 상기 다중-홉 시스템의 또 하나의 통신 장치에 의해 도출되는 값을 나타내는 적어도 하나의 상대 관리 신호를 도출하는 관리 신호 처리 수단이 기술되어 있다. 특히, 통신 링크들 각각에 할당되는 전송 자원의 균형을 이루게 하는 자원 제어 기술을 이용하는 다중-홉 통신 시스템에 적용가능하다.

대표도 - 도4



특허청구의 범위

청구항 1

적어도 3개의 통신 장치를 포함하는 다중-홉 통신 시스템으로서,

하나의 상기 통신 장치는 소스 장치를 포함하고, 또하나의 상기 통신 장치는 목적지 장치를 포함하고, 그 외의 상기 통신 장치(들)의 각각은 중간 장치를 포함하며,

상기 소스 장치는 상기 각각의 중간 장치를 통해 상기 목적지 장치를 향한 통신 방향으로 통신 신호를 전송하도록 동작가능하고, 상기 각각의 중간 장치는 상기 통신 방향에서 이전의 통신 장치로부터 통신 신호를 수신하고 상기 통신 방향에서 다음의 장치에 상기 통신 신호 또는 그것으로부터 도출되는 신호를 전송하도록 동작가능하며,

상기 통신 시스템은 i) 상기 목적지 장치에서 수신되는 통신 신호의 품질의 측정치와 ii) 상기 각각의 중간 장치에서 수신되는 통신 신호의 품질의 측정치 간의 균형을 실질적으로 달성하거나 유지할 수 있도록, 상기 소스 장치 및 상기 각각의 중간 장치 중 하나 이상에 할당되는 전송 자원의 측정치 또는 측정치의 변화를 판정하도록 동작가능한 자원 제어 수단을 더 포함하며,

적어도 하나의 통신 장치는 시그널링 방향에서 이전의 통신 장치로부터 하나 이상의 관리 신호를 수신하고, a) 상기 다중-홉 시스템의 통신 장치에 의해 도출되는 절대값을 나타내는 절대 관리 신호, 및 b) 상기 절대값에 대하여 상대적인, 상기 다중-홉 시스템의 또하나의 통신 장치에 의해 도출되는 값을 나타내는 적어도 하나의 상대 관리 신호를 도출하도록 동작가능한 관리 신호 처리 수단을 포함하며, 상기 하나의 통신 장치는 또한 상기 시그널링 방향에서 다음의 통신 장치에 상기 절대 관리 신호 및 상기 적어도 하나의 상대 관리 신호를 전송하도록 동작가능한 다중-홉 통신 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 관리 신호 처리 수단에 의해 도출되는 절대 관리 신호는 상기 절대 관리 신호 처리 수단을 포함하는 상기 통신 장치에 의해 도출되는 절대값을 포함하는 다중-홉 통신 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 관리 신호 처리 수단에 의해 도출되는 절대 관리 신호는 시그널링 방향에서 이전의 통신 장치에 의해 도출되는 절대값을 포함하는 다중-홉 통신 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 소스 장치는 상기 각각의 중간 장치를 통해 상기 목적지 장치에 통신 신호를 전송하도록 동작가능한 기지국의 일부인 다중-홉 통신 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 목적지 장치는 상기 각각의 중간 장치를 통해 상기 소스 장치에 의해 전송된 통신 신호를 수신하도록 동작가능한 기지국의 일부인 다중-홉 통신 시스템.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 자원 제어 수단은 상기 기지국에 구비되어 있는 다중-홉 통신 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 자원 제어 수단은 중간 장치에 구비되어 있는 다중-홉 통신 시스템.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 관리 신호들은 상기 다중-홉 통신 시스템의 통신 장치에서 수신되는 통신 신호의 품질에 관한 값들을 나타내는 다중-홉 통신 시스템.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 자원 제어 수단은,

i) 상기 다중-홉 시스템의 통신 장치에 의해 도출되는 절대값을 나타내는 절대 관리 신호, 및 ii) 상기 절대값에 대하여 상대적인, 상기 다중-홉 시스템의 또하나의 통신 장치에 의해 도출되는 값을 나타내는 적어도 하나의 상대 관리 신호를 수신하고,

상기 절대 관리 신호 및 상기 상대 관리 신호를 이용하여 상기 소스 장치 및 상기 각각의 중간 장치 중 하나 이상에 할당되는 전송 자원의 측정치 또는 측정치의 변화를 판정하도록 동작가능한 다중-홉 통신 시스템.

청구항 10

소스 장치로서 동작하는 통신 장치로부터 목적지 장치로서 동작하는 또하나의 통신 장치를 향한 통신 방향으로 중간 장치로서 동작하는 적어도 하나의 다른 통신 장치를 통해 통신 신호를 전송하는 방법으로서,

상기 각각의 중간 장치는 상기 통신 방향에서 이전의 통신 장치로부터 통신 신호를 수신하고 상기 통신 방향에서 다음의 장치에 상기 통신 신호 또는 그것으로부터 도출되는 신호를 전송하며,

상기 방법은 i) 상기 목적지 장치에서 수신되는 통신 신호의 품질의 측정치와 ii) 상기 각각의 중간 장치에서 수신되는 통신 신호의 품질의 측정치 간의 균형을 실질적으로 달성하거나 유지할 수 있도록, 상기 소스 장치 및 상기 각각의 중간 장치 중 하나 이상에 할당되는 전송 자원의 측정치 또는 측정치의 변화를 판정하는 단계를 포함하며,

적어도 하나의 통신 장치는 시그널링 방향에서 이전의 통신 장치로부터 하나 이상의 관리 신호를 수신하고, a) 상기 다중-홉 시스템의 통신 장치에 의해 도출되는 절대값을 나타내는 절대 관리 신호, 및 b) 상기 절대값에 대하여 상대적인, 상기 다중-홉 시스템의 또하나의 통신 장치에 의해 도출되는 값을 나타내는 적어도 하나의 상대 관리 신호를 도출하며, 상기 절대 관리 신호 및 상기 적어도 하나의 상대 관리 신호는 상기 시그널링 방향에서 다음의 통신 장치에 전송되는 통신 신호 전송 방법.

청구항 11

다중-홉 통신 시스템에서 사용하기 위한 통신 장치로서,

상기 통신 장치는 송신기 및 수신기를 포함하고, 통신 방향에서 이전의 통신 장치로부터 통신 신호를 수신하고 상기 통신 방향에서 다음의 통신 장치에 상기 통신 신호 또는 그것으로부터 도출되는 신호를 전송하도록 동작가능하며,

상기 통신 장치는 시그널링 방향에서 이전의 통신 장치로부터 하나 이상의 관리 신호를 수신하고, a) 상기 다중-홉 시스템의 통신 장치에 의해 도출되는 절대값을 나타내는 절대 관리 신호, 및 b) 상기 절대값에 대하여 상대적인, 상기 다중-홉 시스템의 또하나의 통신 장치에 의해 도출되는 값을 나타내는 적어도 하나의 상대 관리 신호를 도출하도록 동작가능한 관리 신호 처리 수단을 포함하며, 상기 통신 장치는 또한 상기 시그널링 방향에서 다음의 통신 장치에 상기 절대 관리 신호 및 상기 각각의 상대 관리 신호를 전송하도록 동작가능한 통신 장치.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 통신 장치에 의해 수신되는 통신 신호의 품질의 표시자를 도출하도록 동작가능한 표시자 도출 수단을 더 포함하는 통신 장치.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 관리 신호 처리 수단에 의해 도출되는 절대 관리 신호는 상기 통신 장치에 의해 도출되는 절대값을 포함하는 통신 장치.

청구항 14

제11항에 있어서,

상기 관리 신호 처리 수단에 의해 도출되는 절대 관리 신호는 시그널링 방향에서 이전의 통신 장치에 의해 도출되는 절대값을 포함하는 통신 장치.

청구항 15

제11항에 있어서,

상기 통신 장치는 다중-홉 통신 시스템 내의 중간 장치를 포함하고, 이 다중-홉 통신 시스템에서 통신 신호는 소스 장치로서 동작하는 통신 장치로부터 목적지 장치로서 동작하는 또하나의 통신 장치를 향한 통신 방향으로 상기 중간 장치를 통해 전송되며,

상기 통신 장치는 i) 상기 목적지 장치에서 수신되는 통신 신호의 품질의 측정치와 ii) 상기 중간 장치에서 수신되는 통신 신호의 품질의 측정치 간의 균형을 실질적으로 달성하거나 유지할 수 있도록, 상기 소스 장치 및 상기 중간 장치 중 하나 이상에 할당되는 전송 자원의 측정치 또는 측정치의 변화를 판정하도록 동작가능한 자원 제어 수단을 더 포함하는 통신 장치.

청구항 16

다중-홉 통신 시스템에서 사용하기 위한 것으로, 목적지 장치로서 동작하는 통신 장치를 향한 통신 방향으로 중간 장치로서 동작하는 적어도 하나의 다른 통신 장치를 통해 통신 신호를 전송하도록 동작가능한 기지국으로서,

상기 기지국은 i) 상기 목적지 장치에서 수신되는 통신 신호의 품질의 측정치와 ii) 상기 각각의 중간 장치에서 수신되는 통신 신호의 품질의 측정치 간의 균형을 실질적으로 달성하거나 유지할 수 있도록, 상기 소스 장치 및 상기 각각의 중간 장치 중 하나 이상에 할당되는 전송 자원의 측정치 또는 측정치의 변화를 판정하도록 동작가능한 자원 제어 수단을 포함하며,

상기 기지국은 또한 a) 상기 다중-홉 시스템의 통신 장치에 의해 도출되는 절대값을 나타내는 절대 관리 신호, 및 b) 상기 절대값에 대하여 상대적인, 상기 다중-홉 시스템의 또하나의 통신 장치에 의해 도출되는 값을 나타내는 적어도 하나의 상대 관리 신호를 수신하고, 상기 절대 관리 신호 및 상기 상대 관리 신호를 이용하여 상기 소스 장치 및 상기 각각의 중간 장치 중 하나 이상에 할당되는 전송 자원의 측정치 또는 측정치의 변화를 판정하도록 동작가능한 기지국.

청구항 17

다중-홉 통신 시스템에서 사용하기 위한 것으로, 소스 장치로서 동작하는 통신 장치에 의해 통신 방향으로 전송된 통신 신호를 중간 장치로서 동작하는 적어도 하나의 다른 통신 장치를 통해 수신하도록 동작가능한 기지국으로서,

상기 기지국은 i) 목적지 장치에서 수신되는 통신 신호의 품질의 측정치와 ii) 상기 각각의 중간 장치에서 수신되는 통신 신호의 품질의 측정치 간의 균형을 실질적으로 달성하거나 유지할 수 있도록, 상기 소스 장치 및 상기 각각의 중간 장치 중 하나 이상에 할당되는 전송 자원의 측정치 또는 측정치의 변화를 판정하도록 동작가능한 자원 제어 수단을 포함하며,

상기 기지국은 또한 a) 상기 다중-홉 시스템의 통신 장치에 의해 도출되는 절대값을 나타내는 절대 관리 신호, 및 b) 상기 절대값에 대하여 상대적인, 상기 다중-홉 시스템의 또하나의 통신 장치에 의해 도출되는 값을 나타내는 적어도 하나의 상대 관리 신호를 수신하고, 상기 절대 관리 신호 및 상기 상대 관리 신호를 이용하여 상기

소스 장치 및 상기 각각의 중간 장치 중 하나 이상에 할당되는 전송 자원의 측정치 또는 측정치의 변화를 판정하도록 동작가능한 기지국.

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

<24> 본 발명은 신호가 소스 장치로부터 목적지 장치로 적어도 하나의 중간 장치를 통해 전송되는 다중-홉 통신을 위한 무선 통신 시스템, 통신 시스템의 부품 및 관련 방법에 관한 것이다. 상세하게는, 본 발명은 다중-홉 통신 시스템의 구현에 요구되는 관리 시그널링(administrative signalling)의 효율성을 향상시키는 기술에 관한 것이다.

<25> 다중-홉 통신 시스템에서, 통신 신호는 소스 장치로부터 목적지 장치로 하나 이상의 중간 장치를 통해 통신 경로(C)를 따른 통신 방향으로 전송된다. 도 1a는 기지국(3G 통신 시스템 환경에서 "노드-B"라고 함), 릴레이 노드(RN) 및 사용자 장비(UE)를 포함하는 단일-셀 2-홉 무선 통신 시스템을 나타낸 것이다. 통신 방향은 업링크(UL) 또는 다운링크(DL)일 수 있다. 통신 신호가 다운링크(DL)에서 기지국으로부터 목적지 사용자 장비(UE)로 릴레이 노드(RN)를 통해 전송되고 있는 경우, 기지국은 소스 장치(S)를 구성하고, 사용자 장비는 목적지 장치(D)를 구성한다. 통신 신호가 업링크(UL)에서 사용자 장비(UE)로부터 릴레이 노드를 통해 기지국으로 전송되고 있는 경우, 사용자 장비는 소스 장치를 구성하고, 기지국은 목적지 장치를 구성한다. 릴레이 노드는 중간 장치(I)의 일례이고, 소스 장치로부터 신호를 수신하는 동작을 하는 수신기, 및 이 신호 및 그의 파생물을 목적지 장치로 전송하는 동작을 하는 송신기를 포함한다.

<26> 무선 통신이 공간을 통해 진행할 때 그 무선 통신의 산란 또는 흡수로 인한 전파 손실, 또는 "경로 손실"의 발생에 의해 신호의 세기가 감소되는 것으로 알려져 있다. 송신기와 수신기 사이의 경로 손실에 영향을 주는 인자들로는 송신기 안테나 높이, 수신기 안테나 높이, 반송파 주파수, 클러터 유형(clutter type)(도심, 부도심, 교외), 그리고 높이, 밀도, 간격, 지대 유형(구릉성, 평탄) 등의 지형의 상세가 있다. 송신기와 수신기 간의 경로 손실 L(dB)은 이하의 식으로 모델링될 수 있다.

$$L = b + 10n \log d \quad (A)$$

<28> 여기서, d(미터)는 송신기-수신기 간격이고, b(dB) 및 n은 경로 손실 파라미터이며, 절대 경로 손실은 $l = 10^{(L/10)}$ 에 의해 주어진다.

<29> 이하의 표 I는 다중-홉 전송 시스템에서 서로 다른 통신 링크, 즉 소스-목적지(SD), 소스-중간지(SI) 및 중간지-목적지(ID)를 통해 전송되는 신호의 계산된 경로 손실의 일부 예들을 나타내고 있으며, 여기서 b 및 n은 각 링크에서 동일한 것으로 가정한다.

<30> [표 I]

		간격(미터)			경로 손실(dB)			절대 경로 손실		
b(dB)	n	SD	SI	ID	SD	SI	ID	SD	SI	ID

15.3	3.76	1000	500	500	128.1	116.8	116.8	6.46E12	4.77E11	4.77E11
15.3	3.76	1000	600	600	128.1	119.76	119.76	6.46E12	9.46E11	9.46E11
15.3	3.76	1000	700	700	128.1	122.28	122.28	6.46E12	1.69E12	1.69E12

<32> 상기 계산된 예들은 간접 링크 SI+ID를 통해 겪는 절대 경로 손실의 합이 직접 링크 SD를 통해 겪는 경로 손실보다 작을 수 있음을 보여준다. 환언하면, 이하의 식이 가능하다.

<33>
$$L(SI) + L(ID) < L(SD) \quad (B)$$

<34> 따라서, 단일의 전송 링크를 2개의 보다 짧은 전송 구간으로 분할하는 것은 경로 손실과 거리 간의 비선형 관계를 이용한다. 수학적 (A)를 이용한 경로 손실의 간단한 이론적 분석으로부터, 신호가 소스 장치로부터 목적지 장치로 직접 전송되는 것보다 소스 장치로부터 중간 장치(예를 들어, 릴레이 노드)를 통해 목적지 장치로 전송되는 경우에, 전체 경로 손실의 감소(그에 따라, 신호 세기의 향상 또는 이득 및 그에 따른 데이터 처리 용량)가 달성된다는 것을 알 수 있다. 구현되는 경우, 다중-홉 통신 시스템은 잠재적으로 무선 전송을 용이하게 해주는 송신기의 전송 전력의 감소를 가능하게 해줄 수 있으며, 이에 의해 간접 레벨의 감소는 물론 전자기 방사 에너지의 노출의 감소가 얻어진다.

<35> 그러나, 다중-홉 통신 시스템의 적응가능성을 검사하기 위해 실행한 시뮬레이션에서는 데이터의 처리 용량에 있어서 예기치 않게 낮은 이득을 보여주었다. 실제로, 실험 이득은 경로 손실 수학적 (A)에 기초한 간단한 분석에 의해 제안되는 잠재적인 이득보다 매우 낮다. 따라서, 다중-홉 시스템이 신호 범위 확장, 소스와 목적지 간에 신호를 전송하는 데 요구되는 전체 전송 전력의 가능한 감소, 및 달리 액세스불가능한 노드들의 연결성과 관련하여 보여줄 수 있는 잠재적인 이점에도 불구하고, 무선 시스템 운영자는 이전에 다중-홉 네트워크를 구현하지 못하였다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<36> 유럽 특허 출원 EP05253767.7, EP05253768.5, EP05253766.9, EP05253785.9, EP05253784.2, 및 EP05253783.4에는 본 발명자들이 다중-홉 통신 시스템에서 데이터의 처리 용량을 향상시키고자 하는 기술들에 관하여 이전에 제안한 발명들이 기재되어 있다. 이들 선행 출원을 여기에 인용함으로써 그 전체 내용을 본 명세서에 포함시키는 것으로 한다.

<37> 상기 인용된 선행 출원들에 기재된 발명들은, i) 목적지 장치에서 수신되는 통신 신호의 품질의 측정치와 ii) 각각의 중간 장치에서 수신되는 통신 신호의 품질의 측정치 간의 균형을 실질적으로 달성하거나 유지할 수 있도록 다중-홉 네트워크에서 하나 이상의 통신 링크에 대한 전송 자원의 할당을 결정 및 제어하는 각종 기술에 관한 것이다. 사실상, 이들 제안에 따르면, 무선 자원의 할당은 각각의 링크를 통한 데이터의 처리 용량이 실질적으로 동일하거나 거의 동일하도록 관리되고 제어된다. 구체적으로는, 다중-홉 시스템에서의 무선 자원 할당의 관리 및 제어를 실행하는 다수의 서로 다른 알고리즘이 상기 인용된 출원들에 기재되어 있다. 상세하게는, 이전에 제안된 알고리즘들은 다중-홉 네트워크의 수신기들에 의해 수신되는 통신 신호의 품질에서 발생하는 "불균형"을 식별해내고, 원하는 균형을 달성하거나 유지할 수 있도록 네트워크 내의 송신기들 중 하나 이상에 할당되는 자원의 측정치 또는 측정치의 변화를 판정하고자 한다.

<38> 본 발명자들이 이전에 제안한 자원 제어 기술의 이점을 테스트하기 위해 실행한 시스템 레벨 시뮬레이션의 결과가 이 문서의 끝 부분에 제공되어 있다. 이들 결과는 "균형이 잡혀 있는" 다중-홉 통신 시스템에서는 데이터의 처리 용량의 향상을 보여줄 것으로 기대할 수 있음을 나타낸다. 이들 자원 관리 기술이 보여주는 개선된 처리 용량에 대한 한 설명으로는 이들이 다중-홉 시스템에서 요구되는 절대 전송 전력의 감소를 가능하게 하는 것으로 생각된다. 이것에 대해 이하에서 상세히 살펴본다.

<39> 이상에서 설명한 바와 같이, 신호가 겪는 전체 경로 손실의 감소는 단일의 직접 전송 링크를 2개의 보다 짧은 전송 링크로 분할함으로써 달성될 수 있다. 이와 같이, 소스 장치로부터 적어도 하나의 중간 장치를 통해 목적지 장치에 통신 신호를 전송하는 데 요구되는 총 전송 전력은 소스 장치와 목적지 장치 간에 직접 통신 신호를 전송하는 데 요구되는 것보다 작게 될 것이다. 따라서, 목적지 장치(및 아마도 중간 장치)가 최소 또는 "목표" 신호 품질로 수신하도록 보장하기 위해서는 보다 작은 전송 전력이 필요하게 된다. 다중-홉 시스템에서 송신기들의 전송 전력을 조절하지 않는 경우, 상당한 초과 전송 전력(즉, 목적지 장치 및/또는 중간 장치에서 양호한 또는 목표 신호 품질을 달성하는 데 요구되는 것을 초과하는 전송 전력)이 생기게 된다. 이러한 초과 전송 전력은, 소스 장치와 목적지 장치 간의 직접 통신과 비교하여 다중-홉 통신에 의해 달성되는 이득을 더욱 증가시

키기 보다는, 단지 간섭 레벨만을 증가시켜 통신 링크의 품질의 열화를 가져오게 된다. 이러한 열화는 이전에 살펴본 다중-홉 통신 시스템의 좋지 못한 시뮬레이션 결과가 보여주는 바와 같이 다중-홉 시스템의 잠재적 이득을 상쇄시켜 버리는 경향이 있다.

<40> 또한, (예를 들어) 2-홉 네트워크에 걸친 전체 처리 용량은 중간 장치에서 수신되는 데이터 패킷의 수와 목적지 장치에서 수신되는 데이터 패킷의 수 중 낮은 것에 의해 제한된다. 수신기에서 수신되는 데이터 패킷의 수는 그 수신기에서 종단하는 통신 링크의 품질에 의존한다. 이것은 예를 들어 처리 용량의 측정치, 수신 신호 세기(received signal strength, RSS)의 측정치, 또는 신호 대 간섭+노이즈 비(signal-to-interference plus noise ratio, SINR)의 측정치에 의해 반영될 수 있다. 따라서, 사실상, 다중-홉 시스템 내에서 최저 품질 통신 신호를 수신하는 수신기는 데이터 패킷 전송에 대한 "병목"을 형성하며, 그에 의해 다중-홉 시스템 내의 다른 링크를 통한 데이터 전송에 대한 용량을 낭비하게 된다. 최저 품질 통신 신호를 향상시키는 데 도움이 되지 않는, 송신기에 할당되는 자원의 증가로 인해 부가적인 자원 할당이 있게 된다. 따라서, 시스템의 성능에 추가의 열화가 있게 된다. 이것은 소스 장치(SB)의 전송 전력에 대한, 2-홉 시스템의 사용자들에 의해 관찰된 평균 패킷 처리 용량의 이득의 변동을 단일 홉 시스템에 대해 관찰된 평균 패킷 처리 용량과 비교하여 도표화한 도 14a 및 도 14b에 도시되어 있다. 각각의 그래프는 4개의 서로 다른 플롯을 포함하며, 각각의 플롯은 중간 장치의 서로 다른 전송 전력을 나타낸다. 기지국의 전송 전력이 최적점을 넘어 증가됨에 따라, 더 많은 신호 에너지의 방출에도 불구하고 이득의 상당한 열화를 겪게 된다는 것을 알 수 있다.

<41> 자원 관리 개체를 이용하는 다중-홉 통신 시스템이 보여주는 개선은 목적지 장치에서 수신되는 통신 신호의 품질의 측정치와 각각의 중간 장치에서 수신되는 통신 신호의 품질의 측정치 간의 불균형이 실질적으로 감소되거나 방지되는 방식에 기인할 수 있는 것으로 생각된다. 따라서, 데이터 패킷의 처리 용량을 향상시키지 못하고 단지 간섭 레벨만을 상승시키는 데만 도움을 주는 초과 자원 할당이 최소화된다.

<42> 상기한 이전에 제안된 기술들에 따르면, 시스템의 송신기들에 할당되는 자원의 제어는 기지국과 연관된 부분들에서 행하는 것이 유리하다. 이것은 "중앙집중식 제어(centralised control)"라고 하며, 자원 할당의 제어를 시스템의 중간 장치와 연관된 부분들에서 행하는 방법보다는 무선 네트워크 제공자에게 유리할 가능성이 있다. 따라서, 기지국과 연관된 단일의 자원 제어 수단은 다중-홉 통신 경로를 따라 목적지 장치 쪽으로 통신 신호를 전송하도록 동작가능한 송신기들 각각에 할당되는 전송 자원을 제어하도록 동작가능하다. 그러나, 자원 제어 수단을 갖는, 특히 이것이 기지국에 중앙집중식으로 되어 있는 다중-홉 통신 시스템의 구현에서는, 일반적으로, 시스템 내에 포함된 다른 통신 장치들로부터 시그널링 방향으로 자원 제어 수단에 관리 신호의 형태로 시그널링함에 있어서 상당한 양의 정보를 필요로 한다. 예를 들어, 통신 신호를 수신하고 있는 다중-홉 통신 시스템에 포함되어 있는 장치는 수신되고 있는 통신 신호의 품질의 표시자를 도출하도록 구성된다. 주기적으로 발생하는 이들 표시자는 통신 경로에 따른 시그널링 방향으로 상기 장치와 기지국 사이의 통신 경로 상에 있는 임의의 다른 중간 장치를 통해 기지국의 자원 제어 수단에 시그널링될 수 있다. 이전에 제안된 기술들에 따르면, 자원 제어 수단은 각각의 수신기가 시그널링하는 표시자들 간의 어떤 실질적인 불균형을 검출하는 수단 또는 원하는 값으로부터 수신기에 의해 도출되는 표시자에서의 어떤 편차를 검출하는 수단을 구비할 수 있다. 이러한 불균형 또는 편차의 검출에 응답하여, 자원 제어 수단은 수신기들에 의해 도출되는 상기 표시자들 사이의 균형을 실질적으로 달성하거나 유지할 수 있도록, 통신 신호(또는 그의 파생 신호)를 전송하고 있는 장치들 중 하나 이상에 할당되는 자원의 측정치 또는 측정치의 변화를 판정하도록 동작가능하다. 임의의 새로운 전송 자원 할당 또는 자원 할당의 변경이 전송 자원 명령(transmission resource command, TRC) 신호를 포함하는 관리 신호의 형태로 적절한 통신 장치에 명령된다.

<43> 도 3에 나타난 바와 같이, 각각의 중간 장치가 수신기에 의해 수신되는 통신 신호의 품질의 표시자를 발생하여 전송하고 또한 다른 장치들에 의해 시그널링된 표시자들을 제어 수단(이 제어 수단은 이 예에서 기지국과 연관되어 있음)에 전파할 필요가 있다. 따라서, 관리 시그널링에 의해 점유되는 대역폭이 기지국에 근접함에 따라 또한 다중-홉 통신 시스템을 형성하는 통신 링크의 수에 따라 증가한다. 이전에 살펴본 다중-홉 통신 시스템의 통신 장치의 관리 시그널링 부담은 다중-홉 네트워크 내에서의 장치의 위치, 통신의 방향(UL 또는 DL), 및 자원 제어 수단의 위치에 의존한다. 다운링크(DL) 전송 및 중앙집중식 자원 제어 수단의 경우에, 제어 수단에 의해 요구되는 관리 신호의 시그널링 방향은 통신의 방향과 반대가 된다. 하나 이상의 중간 장치를 통한 소스 장치로부터 기지국으로의 업링크(UL) 전송의 경우에, 시그널링 방향은 통신 방향과 동일하다.

<44> 이들 종래의 기술과 연관된 시그널링 오버헤드는 일부 기능들을 통신 시스템의 다른 부분들에 넘겨주면 어느 정도 완화될 수 있다. 예를 들어, 목적지 장치는 목적지 장치에서 수신되는 통신 신호의 품질의 표시자를 시그널링하기보다는, 목적지 장치가 시스템에 불균형이 존재하는지를 나타낼 수 있는 품질의 변화를 검출하기 위해 표

시자를 모니터링할 수 있도록, 표시자 도출 수단 이외에 표시자 편차 검출 수단을 포함할 수 있다. 이러한 편차가 검출되는 경우, 목적지 장치에서 중단되는 통신 링크에 할당되는 전송 전력의 조절에 대한 요청이 자원 제어 수단에 시그널링될 수 있다. 그렇지만, 이 요청은 여전히 다중-홉 네트워크를 통해 자원 제어 수단에 전파되어야만 한다.

<45> 따라서, 본 발명과 관련하여, 관리 신호는 예를 들어 통신 장치에서 수신되는 통신 신호의 품질의 측정치를 나타낼 수 있거나, 또는 통신 장치에 할당되는 전송 자원을 반영하는 전송 자원 명령(TRC)을 나타낼 수 있거나, 또는 특정의 통신 장치에 할당되는 자원의 변경에 대한 요청 또는 새로운 자원 할당에 대한 요청을 나타낼 수 있다.

<46> 본 발명의 실시예들은 하나 이상의 관리 신호를 2개 이상의 통신 링크를 통해 전송해야만 하는 다중-홉 통신 시스템과 연관된 시그널링 오버헤드를 완화시키고자 한다. 이와 같이, 본 발명의 실시예들은, 본 발명자의 선행 발명에 관한 상기 인용된 출원에 기재되어 있는 바와 같이, 특히 이들 통신 시스템이 각각의 통신 링크에 할당된 전송 자원의 균형을 이루기 위한 자원 제어 기술을 이용하는 경우(이 경우로 한정하는 것은 아님), 다중-홉 통신 시스템에서의 관리 시그널링의 효율성을 향상시키고자 한다.

발명의 구성 및 작용

<47> 본 발명의 제1 측면에 따르면, 적어도 3개의 통신 장치를 포함하는 다중-홉 통신 시스템이 제공되며, 하나의 상기 통신 장치는 소스 장치를 포함하고, 또하나의 상기 통신 장치는 목적지 장치를 포함하고, 그 외의 상기 통신 장치(들)의 각각은 중간 장치를 포함하며, 상기 소스 장치는 상기 각각의 중간 장치를 통해 상기 목적지 장치를 향한 통신 방향으로 통신 신호를 전송하도록 동작가능하고, 상기 각각의 중간 장치는 상기 통신 방향에서 이전의 통신 장치로부터 통신 신호를 수신하고 상기 통신 방향에서 다음의 장치에 상기 통신 신호 또는 그것으로부터 도출되는 신호를 전송하도록 동작가능하며, 상기 통신 시스템은 i) 상기 목적지 장치에서 수신되는 통신 신호의 품질의 측정치와 ii) 상기 각각의 중간 장치에서 수신되는 통신 신호의 품질의 측정치 간의 균형을 실질적으로 달성하거나 유지할 수 있도록, 상기 소스 장치 및 상기 각각의 중간 장치 중 하나 이상에 할당되는 전송 자원의 측정치 또는 측정치의 변화를 판정하도록 동작가능한 자원 제어 수단을 더 포함하며, 적어도 하나의 통신 장치는 시그널링 방향에서 이전의 통신 장치로부터 하나 이상의 관리 신호를 수신하고, a) 상기 다중-홉 시스템의 통신 장치에 의해 도출되는 절대값을 나타내는 절대 관리 신호, 및 b) 상기 절대값에 대하여 상대적인, 상기 다중-홉 시스템의 또하나의 통신 장치에 의해 도출되는 값을 나타내는 적어도 하나의 상대 관리 신호를 도출하도록 동작가능한 관리 신호 처리 수단을 포함하며, 상기 통신 장치는 또한 상기 시그널링 방향에서 다음의 통신 장치에 상기 절대 관리 신호 및 상기 적어도 하나의 상대 관리 신호를 전송하도록 동작가능하다.

<48> 용어 "통신 방향에서 이전의 통신 장치" 및 "통신 방향에서 다음의 통신 장치"란 통신 장치가 통신 신호를 의도된 목적지 장치를 향하여 전파하는 순서를 말하는 것이다. 이것은 통신 신호가 기지국을 목적지로 갖는 업링크 상에서 전송되고 있는지 여부 또는 통신 신호가 기지국을 소스 장치로 그리고 사용자 장비를 목적지로 갖는 다운링크 상에서 전송되고 있는지에 따라 달라진다. 이와 유사하게, 용어 "시그널링 방향에서 이전의 통신 장치" 및 "시그널링 방향에서 다음의 통신 장치"는 관리 신호가 다중-홉 시스템에서 전파되는 순서를 말한다.

<49> 또한, 소스 장치에 의해 전송되는 통신 신호가 다중-홉 시스템 내에 포함된 하나 이상의 각각의 중간 장치에 의해 또는 그곳에서 수정되거나 변경될 수 있다. 따라서, 목적지 장치에 의해 실제로 수신되는 통신 신호는 소스 장치에 의해 전송되는 통신 신호이거나 그것로부터 도출된 통신 신호일 수 있다.

<50> 본 발명의 실시예들은 전송 자원 제어 기술을 구현하는 데 요구되는 관리 시그널링 오버헤드의 감소로부터 이득을 본다. 상세하게는, 상대 관리 신호와 연관된 비트 수는 기준 신호를 형성하는 절대 관리 신호와 연관된 비트 수보다 상당히 적을 가능성이 있다. 이것은 시스템이 균형 잡혀 있을 때 또는 매우 작은 불균형이 있을 때 특히 그러한데, 그 이유는 다중-홉 시스템에서 통신 신호를 수신하고 있는 2개의 통신 장치에 의해 도출되는 값들 간의 상대 오프셋이 거의 없거나 전혀 없기 때문이다. 실제로, 균형 잡힌 시스템에서는, DL 상에서 UE에서 수신되는 통신 신호의 품질을 보고하기 위해 기지국에 하나의 관리 신호를 전송하는 대부분의 단일 홉 통신 시스템의 관리 시그널링 부담에 부가되는 관리 시그널링 부담이 0이거나 0에 가깝다.

<51> 바람직하게는, 상기 관리 신호 처리 수단에 의해 도출되는 절대 관리 신호는 절대 관리 신호 처리 수단을 포함하는 상기 통신 장치에 의해 도출되는 절대값을 포함한다. 다른 대안으로서, 상기 관리 신호 처리 수단에 의해 도출되는 절대 관리 신호는 시그널링 방향에서 이전의 통신 장치에 의해 도출되는 절대값을 포함한다. 특정 링크 상에서 어떤 관리 신호를 절대 관리 신호로 하는지에 관한 선택은 관리 신호 처리 수단의 신호 처리 요건을

최소화하는 관점에서 다중-홉 시스템의 배치 설정(deployment set-up)을 고려하여 행하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 기지국과 RN 간의 상대 위치가 고정되어 있고 따라서 기지국과 RN 사이에서 전송되고 있는 통신 신호가 겪는 경로 손실이 그다지 변하지 않는 경우, 이 링크 상에서 전송되고 있는 통신 신호의 품질을 나타내는 절대값을 전송하고 또한 관리 신호 처리 수단이 시그널링 방향에서 다른 이전의 통신 링크들을 통해 전송된 통신 신호의 품질을 반영하기 위해 상대 관리 신호를 판정하는 것이 더 이치에 맞을 수 있다.

<52> 다운링크 통신의 경우에, 소스 장치는 각각의 중간 장치를 통해 목적지 장치에 통신 신호를 전송하도록 동작가능한 기지국의 일부이다. 업링크 통신의 경우에, 목적지 장치는 각각의 중간 장치를 통해 상기 소스 장치에 의해 전송된 통신 신호를 수신하도록 동작가능한 기지국의 일부이다.

<53> 본 발명의 어떤 실시예들에 따르면, 자원 제어 수단은 기지국에 구비되어 있다. 다른 대안으로서, 자원 제어 수단은 중간 장치에 구비되어 있다. 이 경우에, 본 발명은 관리 시그널링 정보가 2개 이상의 중간 장치를 통해 전파되어야만 한다면 적용가능하다. 예를 들어, 다중-홉 네트워크는 기지국, 고성능 릴레이 노드(advanced relay node), 간단한 릴레이 노드(simple relay node), 및 사용자 장비를 포함할 수 있다. 자원 제어 수단은 고성능 릴레이 노드에(선택적으로는 기지국에도) 구비될 수 있으며, 간단한 릴레이 노드에 의해 수신되고 있는 관리 신호는 절대 관리 신호 및 상대 관리 신호의 형태로 고성능 릴레이 노드에 전파된다.

<54> 자원 제어 수단을 갖는 다중-홉 통신 시스템과 관련하여 이용되는 본 발명의 실시예들은 다중-홉 시스템의 통신 장치에서 수신되는 통신 신호의 품질에 관한 값을 나타내는 관리 신호를 필요로 한다. 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 자원 제어 수단은, i) 상기 다중-홉 시스템의 통신 장치에 의해 도출되는 절대값을 나타내는 절대 관리 신호, 및 ii) 상기 절대값에 대하여 상대적인, 상기 다중-홉 시스템의 또하나의 통신 장치에 의해 도출되는 값을 나타내는 적어도 하나의 상대 관리 신호를 수신하고, 상기 절대 관리 신호 및 상기 상대 관리 신호를 이용하여 상기 소스 장치 및 상기 각각의 중간 장치 중 하나 이상에 할당되는 전송 자원의 측정치 또는 측정치의 변화를 판정하도록 동작가능하다.

<55> 수신기, 즉 통신 신호를 수신하도록 동작가능한 장치에 의해 도출되는 품질 표시자는 수신기에서 수신되는 통신 신호의 세기의 측정치(예를 들어, RSS)를 포함할 수 있다. 다른 대안으로서 또는 추가적으로, 수신기에 의해 도출되는 표시자들 중 하나는 그 장치에서 수신되는 통신 신호의 신호 대 간섭+노이즈 비(signal-to-interference plus noise ratio, SINR)의 측정치를 포함할 수 있거나, 수신 장치에 대해 설정된 목표 수신 신호 품질로부터의 주어진 장치에서 수신된 통신 신호의 품질의 변동의 측정치를 포함할 수 있다. 목표로부터의 변동의 표시자는 목표 RSS로부터의 변동, 목표 SINR로부터의 변동 또는 RSS와 SINR의 조합에 기초한 목표로부터의 변동일 수 있다.

<56> 상기 측면들 또는 이하의 측면들 중 임의의 것에서, 중간 장치는 바람직하게는 소스 장치에 의해 전송되는 신호를 수신하도록 동작가능한 수신기, 및 수신된 신호 또는 그것으로부터 도출된 신호를 목적지 장치에 전송하도록 동작가능한 송신기를 포함한다. 중간 장치에 의해 수신되는 통신 신호를 중간 장치에 의해 전송되는 통신 신호와 분리시키기 위한 신호의 듀플렉싱은 주파수 분할 듀플렉스(FDD) 또는 시분할 듀플렉스(TDD)일 수 있다. 중간 장치 중 하나 이상은 바람직하게는 소위 릴레이 노드(RN) 또는 릴레이-스테이션(RS)을 포함할 수 있다. 릴레이 노드는 그 자신을 의도된 최종 목적지로 하지 않는 신호를 수신하고 그 신호가 의도된 목적지를 향하여 진행하도록 그 신호를 다른 노드에 전송할 수 있다. 릴레이 노드는 재생성 유형(regenerative type)(이 경우 수신된 신호는 비트 레벨로 디코딩됨)일 수 있으며, 하드 의사결정(hard decision)을 한다. 수신된 패킷이 에러 있는 것으로 밝혀진 경우, 재전송이 요청되고, 따라서 RN은 ARQ 또는 H-ARQ를 포함한다. ARQ 또는 H-ARQ는 재전송 요청 및 재전송된 신호의 다음의 수신을 관리하는 수신기 기술이다. 패킷이 성공적으로 수신되면, 패킷은 RN에 포함되어 있는 임의의 무선 자원 관리 전략에 기초하여 목적지 쪽으로의 재전송을 위해 스케줄링된다. 다른 대안으로서, 릴레이 노드는 비재생성 유형일 수 있으며, 이 경우에는 데이터가 릴레이 노드에서 증폭되고 그 신호가 다음 스테이션으로 전달된다. 중간 장치, 즉 릴레이 노드의 기능이 이동 전화 또는 다른 사용자 장비에 의해 제공될 수 있는 것으로 생각된다.

<57> 본 발명의 제2 측면에 따르면, 소스 장치로서 동작하는 통신 장치로부터 목적지 장치로서 동작하는 또하나의 통신 장치를 향한 통신 방향으로 중간 장치로서 동작하는 적어도 하나의 다른 통신 장치를 통해 통신 신호를 전송하는 방법이 제공되며, 상기 각각의 중간 장치는 상기 통신 방향에서 이전의 통신 장치로부터 통신 신호를 수신하고 상기 통신 방향에서 다음의 장치에 상기 통신 신호 또는 그것으로부터 도출되는 신호를 전송하며, 상기 방법은 i) 상기 목적지 장치에서 수신되는 통신 신호의 품질의 측정치와 ii) 상기 각각의 중간 장치에서 수신되는 통신 신호의 품질의 측정치 간의 균형을 실질적으로 달성하거나 유지할 수 있도록, 상기 소스 장치 및 상기 각

각의 중간 장치 중 하나 이상에 할당되는 전송 자원의 측정치 또는 측정치의 변화를 판정하는 단계를 포함하며, 적어도 하나의 통신 장치는 시그널링 방향에서 이전의 통신 장치로부터 하나 이상의 관리 신호를 수신하고, a) 상기 다중-홉 시스템의 통신 장치에 의해 도출되는 절대값을 나타내는 절대 관리 신호, 및 b) 상기 절대값에 대하여 상대적인, 상기 다중-홉 시스템의 또하나의 통신 장치에 의해 도출되는 값을 나타내는 적어도 하나의 상대 관리 신호를 도출하며, 상기 절대 관리 신호 및 상기 적어도 하나의 상대 관리 신호는 상기 시그널링 방향에서 다음의 통신 장치에 전송된다.

<58> 본 발명의 제3 측면에 따르면, 다중-홉 통신 시스템에서 사용하기 위한 통신 장치가 제공되며, 상기 통신 장치는 송신기 및 수신기를 포함하고, 통신 방향에서 이전의 통신 장치로부터 통신 신호를 수신하고 상기 통신 방향에서 다음의 장치에 상기 통신 신호 또는 그것으로부터 도출되는 신호를 전송하도록 동작가능하며, 상기 통신 장치는 시그널링 방향에서 이전의 통신 장치로부터 하나 이상의 관리 신호를 수신하고, a) 상기 다중-홉 시스템의 통신 장치에 의해 도출되는 절대값을 나타내는 절대 관리 신호, 및 b) 상기 절대값에 대하여 상대적인, 상기 다중-홉 시스템의 또하나의 통신 장치에 의해 도출되는 값을 나타내는 적어도 하나의 상대 관리 신호를 도출하도록 동작가능한 관리 신호 처리 수단을 포함하며, 상기 통신 장치는 또한 상기 시그널링 방향에서 다음의 통신 장치에 상기 절대 관리 신호 및 상기 각각의 상대 관리 신호를 전송하도록 동작가능하다.

<59> 양호하게는, 상기 통신 장치는 상기 통신 장치에 의해 수신되는 통신 신호의 품질의 표시자를 도출하도록 동작가능한 표시자 도출 수단을 더 포함한다.

<60> 제3 측면의 통신 장치는 다중-홉 통신 시스템 내의 중간 장치를 포함하고, 이 다중-홉 통신 시스템에서 통신 신호는 소스 장치로서 동작하는 통신 장치로부터 목적지 장치로서 동작하는 또하나의 통신 장치를 향한 통신 방향으로 상기 중간 장치를 통해 전송되며, 상기 통신 장치는 i) 상기 목적지 장치에서 수신되는 통신 신호의 품질의 측정치와 ii) 상기 중간 장치에서 수신되는 통신 신호의 품질의 측정치 간의 균형을 실질적으로 달성하거나 유지할 수 있도록, 상기 소스 장치 및 상기 중간 장치 중 하나 이상에 할당되는 전송 자원의 측정치 또는 측정치의 변화를 판정하도록 동작가능한 자원 제어 수단을 더 포함한다.

<61> 본 발명의 제4 측면에 따르면, 다중-홉 통신 시스템에서 사용하기 위한 것으로, 목적지 장치로서 동작하는 통신 장치를 향한 통신 방향으로 중간 장치로서 동작하는 적어도 하나의 다른 통신 장치를 통해 통신 신호를 전송하도록 동작가능한 기지국이 제공되며, 상기 기지국은 i) 상기 목적지 장치에서 수신되는 통신 신호의 품질의 측정치와 ii) 상기 각각의 중간 장치에서 수신되는 통신 신호의 품질의 측정치 간의 균형을 실질적으로 달성하거나 유지할 수 있도록, 상기 소스 장치 및 상기 각각의 중간 장치 중 하나 이상에 할당되는 전송 자원의 측정치 또는 측정치의 변화를 판정하도록 동작가능한 자원 제어 수단을 포함하며, 상기 기지국은 또한 a) 상기 다중-홉 시스템의 통신 장치에 의해 도출되는 절대값을 나타내는 절대 관리 신호, 및 b) 상기 절대값에 대하여 상대적인, 상기 다중-홉 시스템의 또하나의 통신 장치에 의해 도출되는 값을 나타내는 적어도 하나의 상대 관리 신호를 수신하고, 상기 절대 관리 신호 및 상기 상대 관리 신호를 이용하여 상기 소스 장치 및 상기 각각의 중간 장치 중 하나 이상에 할당되는 전송 자원의 측정치 또는 측정치의 변화를 판정하도록 동작가능하다.

<62> 본 발명의 제5 측면에 따르면, 다중-홉 통신 시스템에서 사용하기 위한 것으로, 소스 장치로서 동작하는 통신 장치에 의해 통신 방향으로 전송된 통신 신호를 중간 장치로서 동작하는 적어도 하나의 다른 통신 장치를 통해 수신하도록 동작가능한 기지국이 제공되며, 상기 기지국은 i) 상기 목적지 장치에서 수신되는 통신 신호의 품질의 측정치와 ii) 상기 각각의 중간 장치에서 수신되는 통신 신호의 품질의 측정치 간의 균형을 실질적으로 달성하거나 유지할 수 있도록, 상기 소스 장치 및 상기 각각의 중간 장치 중 하나 이상에 할당되는 전송 자원의 측정치 또는 측정치의 변화를 판정하도록 동작가능한 자원 제어 수단을 포함하며, 상기 기지국은 또한 a) 상기 다중-홉 시스템의 통신 장치에 의해 도출되는 절대값을 나타내는 절대 관리 신호, 및 b) 상기 절대값에 대하여 상대적인, 상기 다중-홉 시스템의 또하나의 통신 장치에 의해 도출되는 값을 나타내는 적어도 하나의 상대 관리 신호를 수신하고, 상기 절대 관리 신호 및 상기 상대 관리 신호를 이용하여 상기 소스 장치 및 상기 각각의 중간 장치 중 하나 이상에 할당되는 전송 자원의 측정치 또는 측정치의 변화를 판정하도록 동작가능하다.

<63> 본 발명은 자원 제어 수단을 이용하는 이전의 다중-홉 통신 시스템의 시그널링 효율성을 향상시키기 위해 개발되었지만, 본 발명은 보다 일반적으로는 2개 이상의 링크를 통해 관리 신호가 전송되어야만 하는 임의의 다중-홉 시스템(이 경우 이들 관리 신호는 상대 값으로서 표현될 수 있음)에 적용가능한 것으로 생각된다.

<64> 이와 같이, 본 발명의 다른 측면에 따르면, 적어도 3개의 통신 장치를 포함하는 다중-홉 통신 시스템이 제공되며, 하나의 상기 통신 장치는 소스 장치를 포함하고, 또하나의 상기 통신 장치는 목적지 장치를 포함하고, 그 외의 상기 통신 장치(들)의 각각은 중간 장치를 포함하며, 상기 소스 장치는 상기 각각의 중간 장치를 통해 상

기 목적지 장치를 향한 통신 방향으로 통신 신호를 전송하도록 동작가능하고, 상기 각각의 중간 장치는 상기 통신 방향에서 이전의 통신 장치로부터 통신 신호를 수신하고 상기 통신 방향에서 다음의 장치에 상기 통신 신호 또는 그것으로부터 도출되는 신호를 전송하도록 동작가능하며, 적어도 하나의 통신 장치는 시그널링 방향에서 이전의 통신 장치로부터 하나 이상의 관리 신호를 수신하고, a) 상기 다중-홉 시스템의 통신 장치에 의해 도출되는 절대값을 나타내는 절대 관리 신호, 및 b) 상기 절대값에 대하여 상대적인, 상기 다중-홉 시스템의 또하나의 통신 장치에 의해 도출되는 값을 나타내는 적어도 하나의 상대 관리 신호를 도출하도록 동작가능한 관리 신호 처리 수단을 포함하며, 상기 통신 장치는 또한 상기 시그널링 방향에서 다음의 통신 장치에 상기 절대 관리 신호 및 상기 적어도 하나의 상대 관리 신호를 전송하도록 동작가능하다.

<65> 본 발명의 실시예들은, 다중-홉 시스템의 배치에 앞서, 시스템을 최적화하고 및/또는 각각의 중간 장치에서 수신되는 통신 신호의 품질의 측정치와 목적지 장치에서 수신되는 통신 신호의 품질의 측정치 간의 실질적인 균형을 잡는 데 사용될 수 있는 것으로 생각된다. 또한, 본 발명의 실시예들이 모든 링크에 걸친 통신 신호의 품질의 측정치에서 "균형"을 달성하고 유지하고자 하기 위해 기존의 다중-홉 시스템 내에 구현될 수 있는 것으로 생각된다. 따라서, 본 발명이 다중-홉 통신 시스템 내에서 목적지 장치에서의 RSS 또는 SINR의 표시자와 각각의 중간 장치에서의 RSS 또는 SINR의 표시자 간의 실질적인 "균형"을 확립하기 위해 이용될 수 있다. 전송 전력은 유익하게도 다중-홉 시스템에서 통신 신호를 수신하는 동작을 하는 장치들 중 하나에 대한 목표 수신 신호 품질에 대해 초기에 최적화된다. 이것은 보통 목적지 장치가 된다. 따라서, 목표 수신 신호 품질로부터의 목적지에서 수신되는 통신 신호의 품질의 변동의 측정치의 표시자(= "목표로부터의 변동" 표시자)는 유익하게도 시스템이 본 발명의 실시예들에 따라 최적화되어 있을 때 극히 작다. 그 후에, 목표로부터의 변동 표시자에서 변화(이는 플러스 또는 마이너스 의미일 수 있음)가 검출되는 경우, 예를 들어 통신 신호의 품질이 열화되거나 개선된 경우, 또는 장치에 대해 설정된 목표가 변화된 경우, 목표로부터의 변동 표시자가 증가하게 된다. 이 경우에, 목표로부터의 변동 표시자의 원하는 값으로부터의 편차가 검출될 수 있게 해주는 본 발명의 실시예들은 유익하게도 목표로부터의 변동 표시자를 원하는 값으로 가게 하도록 한다.

<66> 송신기에서의 전송 전력의 할당, 전송 대역폭, 안테나의 수, 코딩 레이트, 변조 방식을 비롯하여, 조절될 수 있는 다수의 서로 다른 유형의 자원이 있다. 대역폭의 양의 할당(이것은 총 전송 매체의 비율로서 효과적으로 정의됨)이 사용되는 경우에, 할당된 실제 자원은 이용되는 채널 액세스 방법에 의존한다. 예를 들어, 시분할 다중 접속(TDMA) 시스템에서, 그것은 시간 슬롯의 수 또는 송신기가 수신기와 통신을 하기 위해 전송할 수 있는 시간의 길이이다. 시간이 길거나 사용되는 슬롯의 수가 많을수록, 그 특정의 통신 링크에 할당되는 대역폭이 더 커진다. 이와 유사하게, (직교) 주파수 분할 다중 접속(OFDMA/FDMA) 시스템의 경우에, 할당은 주파수 대역폭 반송파 또는 다수의 반송파의 할당이 된다. 또한, 각각의 반송파와 연관된 주파수의 양이 변경될 수 있다. 마지막으로, CDMA의 경우에, 그것은 코드의 수 또는 소스와 목적지 간에 통신을 하는 데 사용되는 임의의 코드에 대해 사용되는 확산 계수(spreading factor)일 수 있다. 임의의 자원 할당 방법은 전송 전력의 경우와 유사한 방식으로 소스로부터 목적지로 데이터가 전송될 수 있는 레이트를 효과적으로 제어한다.

<67> 이제부터 다중-홉 통신 시스템에서 통신 신호를 수신하는 동작을 하는 장치들에 의해 도출되는 품질 표시자들 간의 실질적인 균형을 달성하기 위해 전송 전력의 할당을 이용하는 본 발명의 여러가지 측면에 대해 기술한다.

<68> 상기 측면들 중 임의의 것에서, 여러가지 특징들이 하드웨어로 또는 하나 이상의 프로세서 상에서 실행되는 소프트웨어 모듈로서 또는 이 둘의 조합으로서 구현될 수 있다. 예를 들어, 상기한 통신 장치는 디지털 신호 처리기(DSP) 등의 프로세서 또는 프로그램에 따라 동작하는 컴퓨터를 가질 수 있다. 본 발명은 또한 본 명세서에 기술된 방법들 중 임의의 것을 수행하는 컴퓨터 프로그램 및 컴퓨터 프로그램 제품과, 본 명세서에 기술된 방법들 중 임의의 것을 수행하는 프로그램을 저장하고 있는 컴퓨터 판독가능 매체를 제공한다. 본 발명을 구현하는 컴퓨터 프로그램은 컴퓨터 판독가능 매체 상에 저장될 수 있거나, 예를 들어 인터넷 웹 사이트로부터 제공되는 다운로드가능한 데이터 신호 등의 신호의 형태일 수 있거나, 또는 임의의 다른 형태일 수 있다.

<69> 본 발명에 대한 보다 나은 이해를 위해 또한 본 발명이 어떻게 실시될 수 있는지를 보여주기 위해, 이제부터 예로서 첨부 도면을 참조한다.

<70> 노드-B(NB)로부터 릴레이 노드(RN)로의 제1 링크를 통해 또한 릴레이 노드로부터 사용자 장비(UE)로의 제2 링크를 통해 다운링크(DL) 통신 신호 C_{DL} 이 전송되는 본 발명의 제1 실시예에 따른 2-홉 통신 시스템을 나타내는 도 4를 참조한다. 이 예에서, 노드-B는 소스 장치를 구성하고, 릴레이 노드는 중간 장치를 구성하며, 재생성 또는 비재생성 유형의 릴레이 노드일 수 있으며, 사용자 장비는 목적지 장치를 구성한다.

<71> 발생할 경우 아마도 다중-홉 시스템에 "불균형"(즉, 목적지 장치에서 수신된 통신 신호의 품질의 측정치와 중간

장치에서 수신된 통신 신호의 품질의 측정치 간의 차이)을 가져오게 할 수 있는 다수의 서로 다른 이벤트가 있다는 것을 인식하는 것이 도움이 된다.

<72> i) 링크들 중 하나를 통해 발생하는 경로 손실이 변한다. 이것은 그 링크에 대한 송신기 및 수신기 중 어느 하나 또는 그 둘다의 위치가 변하는 것에 기인하거나 또는 환경 조건이나 간섭 레벨의 변화가 송신기와 수신기 사이에서 발생하는 것에 기인할 수 있다.

<73> ii) 통신 신호를 수신하는 동작을 하는 장치가 목표 RSS 또는 목표 SINR을 갖는 것이 보통이다. 이것은 보통 네트워크 제공자에 의해 설정되며, 통신 시스템 또는 수신 장치의 특성에 따라 또는 전송되는 데이터의 유형에 따라 변할 수 있다. 이동 전화 또는 다른 사용자 장비의 목표 RSS/SINR은 변할 수 있고 또 목적지 장치에서 수신되는 통신 신호의 품질의 목표 수신 신호 품질로부터의 변동(즉, "목표로부터의 변동")의 측정치를 최소화하는 경향이 있도록 전송 장치에 할당되는 전송 자원을 조절함으로써 목표의 임의의 변화가 수용될 수 있다. 다중-홉 시스템의 경우에, 수신 장치들 중 하나의 목표의 변화를 수용하기 위해 한 장치에 할당되는 전송 자원을 단지 조절하기만 하면 시스템 내에서의 불균형을 가져오게 된다.

<74> 본 실시예에 따르면, RN에서 수신되고 있는 통신 신호의 품질과 UE에서 수신되고 있는 통신 신호의 품질 간의 균형을 달성하거나 유지하는 경향이 있는, NB 및 RN 중 어느 하나 또는 그 둘다에 할당되는 전송 자원의 측정치 또는 측정치의 변화를 판정하는 동작을 하는 자원 제어 수단(10)은 노드-B에 제공되어 있다. 이 예에서, 이용되는 전송 자원은 전송 전력을 포함한다. 사용자 장비 및 릴레이 노드는 수신 신호 세기를 계속하여 모니터링하고 또 수신 신호 세기의 품질을 나타내는 값(예를 들어, RSS/SINR/목표 RSS/SINR로부터의 변동)을 도출한다. 이들 표시자는 자원 제어 수단에 관리 신호로서 보내지고 또한 전송 링크 둘다에 걸쳐 할당되는 전송 자원이 관리될 수 있도록 하여 RN 및 UE에서의 수신 신호 세기의 품질의 임의의 불균형 또는 잠재적인 불균형이 최소화 또는 방지될 수 있도록 하기 위해 자원 제어 수단에 의해 요구된다.

<75> 자원 제어 수단이 상기한 가능한 이벤트 중 어느 하나의 발생의 결과 일어나는 불균형 또는 잠재적인 불균형에 대응할 수 있도록 하기 위해 2개의 별개의 알고리즘이 본 실시예에 따라 구현된다. NB는 본 실시예의 제1 알고리즘에 의해 요구되는 표시자 편차 검출 수단(3), 및 본 실시예의 제2 알고리즘에 의해 요구되는 불균형 검출 수단(4)을 구비하고 있다. 불균형 검출 수단(4)은 예를 들어, 상기 목적지 장치 및 상기 중간 장치 둘다에 의해 도출되는 표시자들에 관한 관리 신호의 수신 이후에 또는 상기 표시자 중 하나 또는 그 둘다에서의 변화 이후에, NB와 RN 사이에서 또한 RN과 UE 사이에서 전송되고 있는 통신 신호가 겪는 경로 손실의 측정치를 결정하는 동작을 하는 경로 손실 갱신 수단을 포함할 수 있다.

<76> 도 5는 예를 들어 도 4에 도시한 실시예에서 중간 장치로서 사용될 수 있는, 본 발명을 구현하는 통신 장치(11)의 일부를 나타낸 것이다. 이 장치는 통신 신호 및 관리 신호를 전송하는 송신기(Tx), 통신 신호 및 관리 신호를 수신하는 수신기(Rx), 표시자 도출 수단(7), 및 관리 신호 처리 수단(6)을 포함한다. 사용 중에, 관리 신호 처리 수단은 표시자 도출 수단에 의해 도출된 표시자를 나타내는 절대 관리 신호 및 표시자 도출 수단에 의해 도출된 표시자에 대한 또하나의 통신 장치에 의해 도출된 값을 나타내는 하나 이상의 상대 관리 신호를 발생하는 동작을 한다.

<77> 도 6에 나타낸 제1 알고리즘은 i) 중간 장치에 대한 새로운 전송 전력을 계산함으로써 중간 장치와 목적지 장치 간의 경로 손실의 변화로 인해 발생하는 불균형에 대응하고, 또 ii) 중간 장치 및 소스 장치에 대한 새로운 전송 전력을 계산함으로써 목적지 장치의 목표의 변화 이후에 일어날 수 있는 잠재적인 불균형에 대응하는 수단을 갖는 본 실시예의 통신 시스템을 제공한다.

<78> 도 7에 나타낸 제2 알고리즘은 목적지 장치에서 수신되는 통신 신호의 품질과 중간 장치에서 수신되는 통신 신호의 품질 간의 균형을 달성하거나 유지하는 경향이 있도록 소스 장치의 전송 전력을 조정하는 수단을 갖는 본 실시예의 통신 시스템을 제공한다. 상세하게는, 제2 알고리즘은 소스 장치와 중간 장치 간의 경로 손실의 변화로 인해 발생하는 불균형에 대응하는 수단을 제공한다.

<79> 새로운 RN 전송 전력의 계산을 가능하게 해주기 위해, NB 내의 제어 수단은 현재의 RN 전송 전력을 알아야만 한다. 이 정보를 획득하기 위한 2개의 기술이 이용가능하다. 1) NB는 최대값 뿐만 아니라 RN의 초기 전송 전력을 알고 있고, 이 정보는 내재되어 있거나 RN이 NB에 연결될 때 보내진다. NB는 이어서 RN 전송 전력을 추적하는데, 왜냐하면 그것을 변경하기 위한 명령이 발행되기 때문이다. 또는 2) RN은 현재의 전송 전력을 NB에 보고하여 NB에서 추적할 필요가 없게 한다. 이 알고리즘은 제1 기술이 사용되는 것으로 가정하는데, 왜냐하면 그것이 더 낮은 시그널링 복잡도로부터 이득을 보기 때문이다.

- <80> 제1 알고리즘은 이하의 시퀀스를 포함한다.
- <81> 1. 목적지 장치는 절대 관리 신호 A_{UE} 를 릴레이 노드를 통해 노드-B의 자원 제어 수단 쪽으로 전송한다. 절대 관리 신호는 UE의 수신기에 의해 수신되는 통신 신호의 품질의 값을 나타낸다.
- <82> 2. RN은 UE의 수신기에 의해 수신되는 통신 신호의 품질을 나타내는 관리 신호를 자원 제어 수단으로 전송한다. RN에 의해 전송되고 또 UE에 의해 수신되는 신호의 품질에 관계되어 있는 관리 신호는 UE에 의해 도출되는 절대 관리 신호 A_{UE} 일 수 있거나, RN의 수신기에 의해 수신되는 통신 신호의 품질의 값을 나타내는 관리 신호 A_{RN} 에 대한 UE에 의해 도출되는 값을 나타내는 상대 관리 신호 $A_{UE/RN}$ 일 수 있다.
- <83> 3. NB에 제공된 표시자 편차 검출 수단(3)이 UE의 수신기에 의해 수신되는 통신 신호의 품질의 표시자에서 편차(이 편차는 RN과 UE 사이에서의 경로 손실의 변화 또는 UE에 대해 설정된 목표 수신 신호 품질의 변화를 반영할 수 있음)를 검출하는 경우, RN에 대한 할당된 전송 자원의 변경에 대한 요청이 로컬적으로 자원 제어 수단(10)으로 보내진다.
- <84> 4. 현재의 RN 전송 전력에 대해 아는 것에 기초하여, 자원 제어 수단은 RN에 대한 자원 할당을 위해 요청된 변경을 만족시키기 위해 요구되는 새로운 RN 자원 할당을 계산한다. 다중-홉 시스템을 제어하는 데 사용되는 자원의 유형이 전송 전력인 경우, NB는 RN 전송 전력의 유한의 한계를 고려하고, 적절한 경우 새로운 전송 전력을 조절한다.
- <85> 4. 이어서,
- <86> i) RN-UE 전파 손실(본 실시예의 제2 알고리즘에 의해 도출되는 입력 신호에 의해 결정됨)에 아무런 변화가 일어나지 않은 것으로 검출되는 경우, 그 요청은 RN-UE 전파 손실의 변화가 아니라 UE에서의 목표의 변화로 인해 발생한다. 이 경우에, 자원 제어 수단은 또한 NB에 대한 새로운 자원 할당을 계산한다. NB는 이어서 NB 자원 할당이 만족될 수 있는지(예를 들어, 전송 전력의 증가의 경우에, 최대 전송 전력이 초과되지 않는지)를 검사한다. 최대값이 초과되는 경우, 전력 변화가 조절되고 따라서 이것이 일어나지 않는다. 이어서, 균형이 달성되도록 RN 전송 전력이 재계산된다. NB는 이어서 RN이 자원 제어 수단에 의해 계산된 새로운 전송 전력에 따라 그의 전송 전력을 조절하도록 RN에 명령을 보내고, RN 전송 전력 변화와 일치하도록 그 자신의 전송 전력을 변경한다.
- <87> ii) RN-UE 전파 손실에 변화가 발생한 것으로 검출된 경우, NB는 RN이 자원 제어 수단에 의해 계산된 새로운 전송 전력에 따라 그의 전송 전력을 조절하도록 RN에 명령을 보낸다.
- <88> 상기한 알고리즘은 전파 손실이 RN과 UE 사이에서 변하는 경우 및 UE가 그의 목표 RSS 또는 SINR을 수정하는 경우를 관리한다. RN 전송 전력의 변경에 대한 요청이 발생되지 않도록, 전파 손실이 NB와 RN 사이에서 변하는 경우 및 UE에서의 목표 및 RN과 UE 사이에서의 전파 손실 둘다가 변하는 경우를 처리하기 위해, 이하의 알고리즘이 상기한 제1 알고리즘에 부가하여 주기적으로 동작한다. 본 발명이 또한 2개의 알고리즘 중 하나만을 구현하는 다중-홉 통신 시스템에 적용가능하다는 것을 잘 알 것이다.
- <89> 제2 알고리즘에서는 자원 제어 수단(10)의 불균형 검출 수단(4)에 의해 2개의 링크에 걸친 전파 손실의 계산을 용이하게 해주기 위해 UE 및 RN에서의 수신 신호 강도를 나타내는 관리 신호가 자원 제어 수단으로 보고되어야만 한다.
- <90> 1. 불균형 검출 수단(4)은 RN으로부터 관리 신호를 수신하고 이들을 사용하여 UE 및 RN 둘다에서의 수신 신호 세기의 표시자를 모니터링한다. RN 및 NB 전송 전력에 대해 아는 것과 함께 이것을 사용하여, 이 수단은 NB-RN 링크 및 RN-UE 링크에 대한 전파 손실을 갱신한다.
- <91> 2. NB-RN 또는 RN-UE 전파 손실 중 어느 하나에서의 변화가 검출되면, 최적의 NB 전송 전력을 계산하기 위해 RN 전송 전력에 대해 아는 것과 함께 갱신된 전파 손실이 자원 제어 수단에 의해 사용된다. 전파 손실의 변화가 검출되지 않은 경우, 알고리즘의 현재의 반복이 종료된다.
- <92> 3. 전파 손실의 변화가 검출되면,
- <93> i) 계산된 NB 전송 전력이 만족될 수 있는 경우(즉, NB의 최대 전송 전력이 초과되지 않는 경우), NB는 RN이 제2 계산 수단에 의해 계산된 새로운 전송 전력에 따라 그의 전송 전력을 조절하도록 RN으로 명령을 보낸다.
- <94> ii) 계산된 NB 전송 전력이 만족될 수 없는 경우, NB 전송 전력이 가능한 것으로 수정된다. 자원 제어 수단은

이어서 최적의 균형을 보장하는 새로운 RN 전송 전력을 계산한다. NB는 이어서 RN이 제2 계산 수단에 의해 계산된 새로운 전송 전력에 따라 그의 전송 전력을 조절하도록 RN으로 명령을 보내고, RN 전송 전력 변화와 일치하도록 그 자신의 전송 전력을 변경한다.

<95> 이제부터, 제1 실시예에서 본 발명을 구현하는 데 사용되는 시그널링 방식의 상세에 대해 도 4를 참조하여 기술한다.

<96> UE는, 이 특정의 실시예에서 수신 신호 세기(RSS)인, UE에서 수신되는 통신 신호의 품질의 표시자를 도출한다. 이 표시자는 절대 관리 신호 A_{UE} 의 형태로 RN으로 전송된다. 본 실시예가 다운링크 통신 신호의 전송에 관한 것이기 때문에, 관리 신호의 전송의 방향, 즉 "시그널링 방향"은 통신 신호의 전송의 방향, 즉 "통신 방향"과 정반대이다. RN은 또한 RN에서 수신되는 통신 신호의 품질의 표시자를 도출한다. RN은 이어서 2개의 관리 신호를 NB의 자원 제어 수단으로 전송하는 일을 맡고 있으며, 한 신호는 UE에서 수신되는 통신 신호의 품질에 관한 것이고 하나는 RN에서 수신되는 통신 신호의 품질에 관한 것이다. 본 발명의 실시예들에 따르면, 전송 자원 할당의 제어를 구현하는 데 필요한 시그널링 오버헤드는 유익하게도 RN이 하나의 절대 관리 신호 및 하나의 상대 관리 신호를 전송하는 경우에 감소된다. 도 4에 나타낸 바와 같이, RN은 이하의 관리 신호를 NB로 전송한다.

<97> i) RN에서 수신되는 통신 신호의 품질의 값을 나타내는 절대 관리 신호 A_{RN} ,

<98> ii) RN에서 수신되는 통신 신호의 품질의 값에 대한 UE에서 수신되는 통신 신호의 품질의 값을 나타내는 상대 관리 신호 $A_{UE/RN}$. 이 상대 관리 신호는 UE로부터 수신되는 절대 관리 신호 A_{UE} 로부터 RN에 의해 도출된다.

<99> 다른 대안으로서, RN은 이하의 관리 신호를 전송할 수 있다.

<100> i) UE에서 수신되는 통신 신호의 품질의 값을 나타내는 절대 관리 신호 A_{UE} . 따라서, RN에 의해 수신되는 신호 A_{UE} 는 NB의 자원 제어 수단(10)으로 효과적으로 전파된다.

<101> ii) 통신 신호의 품질의 값에 대한 RN에서 수신되는 통신 신호의 품질의 값을 나타내는 상대 관리 신호 $A_{RN/UE}$.

<102> 양 경우에, 상대 관리 신호와 연관되어 있는 비트 수는 기준 신호를 형성하는 절대 관리 신호와 연관된 비트 수보다 상당히 더 작을 가능성이 있다. 이것은 시스템이 균형되어 있을 때 또는 불균형이 거의 존재하지 않을 때 특히 그러한데, 그 이유는 UE 및 RN에 의해 도출된 값들 간의 상대 오프셋이 거의 없거나 전혀 없기 때문이다. 따라서, 본 발명의 실시예들에 따르면, 이전에 출원된 관련 출원들에 기재된 것 등의 자원 제어 기술을 이용하는 다중-홉 통신 시스템과 연관된 관리 시그널링 부담이 상당히 감소될 수 있다. 실제로, 균형된 시스템에서, UE에서 DL을 통해 수신되는 통신 신호의 품질을 보고하기 위해 기지국으로 단일의 관리 신호를 전송하는 대부분의 단일 홉 통신 시스템의 관리 시그널링 부담에 추가적인 관리 시그널링 부담이 0이거나 0에 가깝다.

<103> 따라서, 본 발명을 구현하는 시그널링 방식이 그렇지 않았으면 2개 이상의 통신 링크를 통해 전송해야만 하는 값을 나타내는 임의의 관리 신호의 시그널링에 일반적으로 적용가능하다는 것을 잘 알 것이다. 그렇지만, 본 발명의 실시예들과 연관된 이점들은 이 시그널링 개념이 다중-홉 네트워크에서의 데이터 처리 용량의 균형을 이루도록 하는 자원 제어 기술과 관련하여 사용될 때 특히 명백하다. 구체적으로는, 다중-홉 시스템에서 전송 자원을 제어하는 다수의 서로 다른 구현에 대해 기술하고 있는 상기한 유럽 특허 출원 EP05253767.7, EP05253768.5, EP05253766.9, EP05253785.9, EP05253784.2, 및 EP05253783.4에 기재된 알고리즘을 참조한다.

<104> 도 8은 노드-B, 2개의 중간 장치, 및 사용자 장비를 포함하는 다중-홉 통신 시스템에서 구현되는 본 발명을 실시하는 시그널링 방식을 나타낸 것이다. 이 예에서, 다운링크(DL) 통신 신호 C_{DL} 는 제1 링크를 통해 노드-B(NB)로부터 제1 릴레이 노드(RN_1)로, 제2 링크를 통해 RN_1 로부터 제2 릴레이 노드(RN_2)로, 또한 제3 링크를 통해 RN_2 로부터 사용자 장비(UE)로 전송된다. 이 예에서, 노드-B는 소스 장치를 구성하고, 릴레이 노드는 중간 장치를 구성하며, 사용자 장비는 목적지 장치를 구성한다. 통신 신호의 전송 방향은 일반적으로 화살표 C로 표시되어 있다.

<105> 노드-B는 RN_1 , RN_2 에서 또한 UE에서 수신되는 통신 신호의 품질 간의 균형을 달성하거나 유지하는 경향이 있는, NB, RN_1 및 RN_2 중 하나 이상에 할당되는 전송 자원의 측정치 또는 측정치의 변화를 판정하는 동작을 하는 자원 제어 수단을 구비하고 있다. 사용자 장비 및 양 릴레이 노드는 3개의 전송 링크 전부에 걸친 전송 자원의 할당에서 사용하기 위해 NB의 자원 제어 수단으로 관리 신호를 전송한다. 관리 신호의 전송 방향은 일반적으로 화

살표 A로 표기되어 있다.

- <106> 도 8에 도시된 다중-홉 통신 시스템에 포함된 통신 장치들의 시그널링 부담이 이하에 요약되어 있다.
- <107> UE는,
- <108> i) RN_2 로부터 UE에서 수신되는 신호의 품질을 나타내는 절대 관리 신호 A_{UE} 를 RN_2 로 전송한다.
- <109> RN_2 는,
- <110> i) RN_1 으로부터 RN_2 에서 수신되는 신호의 품질을 나타내는 절대 관리 신호 A_{RN2} 를 RN_1 으로 전송하고,
- <111> ii) RN_1 으로부터 RN_2 에서 수신되는 신호의 품질에 대한 RN_2 로부터 UE에서 수신되는 신호의 품질을 나타내는 상대 관리 신호 $A_{UE/RN2}$ 를 RN_1 으로 전송한다.
- <112> RN_1 는,
- <113> i) NB로부터 RN_1 에서 수신되는 통신 신호의 품질을 나타내는 절대 관리 신호 A_{RN1} 를 NB로 전송하고,
- <114> ii) RN_1 에서 수신되는 신호의 품질에 대한 RN_2 로부터 UE에서 수신되는 신호의 품질을 나타내는 상대 관리 신호 $A_{UE/RN1}$ 를 NB로 전송하며,
- <115> iii) RN_1 에서 수신되는 신호의 품질에 대한 RN_1 로부터 RN_2 에서 수신되는 신호의 품질을 나타내는 상대 관리 신호 $A_{RN2/RN1}$ 를 NB로 전송한다.
- <116> 자원 제어 수단은 RN_1 으로부터 상기한 관리 신호들 중 임의의 것을 수신하고 또, 이들 신호에 포함된 정보에 기초하여, NB, RN_1 및 RN_2 중 하나 이상에 할당되는 자원의 측정치 또는 측정치의 변화를 판정하는 동작을 한다. NB에 대해 요구되는 임의의 새로운 자원 할당이 로컬적으로 전송 자원 명령 TRC_{NB} 로서 보내진다. RN_1 또는 RN_2 에 대해 요구되는 임의의 새로운 자원 할당은 각각 전송 자원 명령 TRC_{RN1} 또는 TRC_{RN2} 로서 보내진다. 구체적으로 도시되어 있지는 않지만, 전송 자원 명령이 자원 제어 수단에 의해 절대 TRC 신호 및 상대 TRC 신호의 형태로 보내질 수 있다는 것이 잘 알 것이다.
- <117> 이 예에서, 다중-홉 시스템에서 임의의 하나의 링크를 통해 전송되는 절대 관리 신호는 그 장치에서 종단하는 통신 신호의 값을 나타낸다. UE에 의해 전송되는 관리 신호를 나타내는 RN_1 에 의해 전송된 상대 관리 신호가 RN_1 (즉, 도 8에 나타낸 $A_{UE/RN1}$)에 기준을 두거나 RN_2 (즉, $A_{UE/RN2}$)에 기준을 둘 수 있다는 것을 잘 알 것이다.
- <118> 도 9는 노드-B, 2개의 중간 장치, 및 사용자 장비를 포함하는 다중-홉 통신 시스템에서 구현되는 본 발명을 실시하는 다른 시그널링 방식을 나타낸 것이다. 이 예에서, 업링크(UL) 통신 신호 C_{UL} 은 제1 링크를 통해 UE로부터 RN_2 로, 제2 링크를 통해 RN_2 에서 RN_1 으로, 또한 제3 링크를 통해 RN_1 에서 노드-B(NB)로 전송된다. 이 예에서, 노드-B는 목적지 장치를 구성하고, 릴레이 노드는 중간 장치를 구성하며, 사용자 장비는 소스를 구성한다. 통신 신호의 전송 방향은 일반적으로 화살표 C로 표기되어 있다.
- <119> 노드-B는 NB, RN_1 및 RN_2 에서 수신되는 통신 신호의 품질 간의 균형을 달성하거나 유지하는 경향이 있는, UE, RN_2 및 RN_1 중 하나 이상에 할당되는 전송 자원의 측정치 또는 측정치의 변화를 판정하는 동작을 하는 자원 제어 수단을 구비하고 있다. 양 릴레이 노드는 3개의 전송 링크 전부에 걸친 전송 자원의 할당에서 사용하기 위해 NB의 자원 제어 수단으로 관리 신호를 전송한다. 관리 신호의 전송 방향은 일반적으로 화살표 A로 표기되어 있다.
- <120> 도 9에 도시된 다중-홉 통신 시스템에 포함된 통신 장치들의 시그널링 부담이 이하에 요약되어 있다.
- <121> RN_2 는,
- <122> i) UE로부터 RN_1 에서 수신되는 신호의 품질을 나타내는 절대 관리 신호 A_{RN2} 를 RN_1 으로 전송한다.

- <123> RN_1 은,
- <124> i) RN_2 로부터 RN_1 에서 수신되는 통신 신호의 품질을 나타내는 절대 관리 신호 A_{RN1} 를 NB로 전송하고,
- <125> ii) RN_2 로부터 RN_1 에서 수신되는 신호의 품질에 대한 UE로부터 RN_2 에서 수신되는 신호의 품질을 나타내는 상대 관리 신호 $A_{RN2/RN1}$ 를 NB로 전송한다.
- <126> RN_1 으로부터 NB에서 수신되는 통신 신호의 품질의 표시자가 NB와 연관된 부분에 의해 생성되기 때문에(여기서, NB는 또한 자원 제어 수단(10)을 구비하고 있음), UL 통신 전송에 대한 관리 시그널링 부담이 DL 통신 전송에 대한 관리 시그널링 부담보다 작다는 것을 잘 알 것이다.
- <127> 자원 제어 수단은 RN_1 으로부터 상기한 관리 신호들 중 임의의 것을 수신하고 또, 이들 신호들 내에 포함된 정보에 기초하여, UE, RN_2 및 RN_1 중 하나 이상에 할당되는 자원의 측정치 또는 측정치의 변화를 판정하는 동작을 한다. UE, RN_2 및 RN_1 에 대해 요구되는 임의의 새로운 자원 할당은 각각 전송 자원 명령 TRC_{UE} , TRC_{RN2} 또는 TRC_{RN1} 으로서 보내진다.
- <128> 도 10은 노드-B, 2개의 중간 장치, 및 사용자 장비를 포함하는 다중-홉 통신 시스템에서 구현되는 본 발명을 실시하는 다른 시그널링 방식을 나타낸 것이다. 이 예에서, 업링크(UL) 통신 신호 C_{UL} 은 제1 링크를 통해 UE로부터 RN_2 로, 제2 링크를 통해 RN_2 에서 RN_1 으로, 또한 제3 링크를 통해 RN_1 에서 노드-B(NB)로 전송된다. 이 예에서, 노드-B는 목적지 장치를 구성하고, 릴레이 노드는 중간 장치를 구성하며, 사용자 장비는 소스를 구성한다. 통신 신호의 전송 방향은 일반적으로 화살표 C로 표기되어 있다.
- <129> 자원 제어 수단은 RN_2 에 분산되어 있고 또 NB, RN_1 및 RN_2 에서 수신되는 통신 신호의 품질 간의 균형을 달성하거나 유지하는 경향이 있는, UE, RN_2 및 RN_1 중 하나 이상에 할당되는 전송 자원의 측정치 또는 측정치의 변화를 판정하는 동작을 한다. RN_1 및 NB는 3개의 전송 링크 전부에 걸친 전송 자원의 할당에서 사용하기 위해 NB의 자원 제어 수단으로 관리 신호를 전송한다. 관리 신호의 전송 방향은 일반적으로 화살표 A로 표기되어 있다.
- <130> 도 10에 도시된 다중-홉 통신 시스템에 포함된 통신 장치들의 시그널링 부담이 이하에 요약되어 있다.
- <131> NB는,
- <132> i) RN_1 으로부터 NB에서 수신되는 통신 신호의 품질을 나타내는 절대 관리 신호 A_{NB} 를 RN_1 으로 전송한다.
- <133> RN_1 은,
- <134> i) RN_2 로부터 RN_1 에서 수신되는 통신 신호의 품질을 나타내는 절대 관리 신호 A_{RN1} 를 RN_2 로 전송하고,
- <135> ii) RN_2 로부터 RN_1 에서 수신되는 신호의 품질에 대한 RN_1 으로부터 NB에서 수신되는 신호의 품질을 나타내는 상대 관리 신호 $A_{NB/RN1}$ 를 RN_2 로 전송한다.
- <136> 자원 제어 수단은 RN_1 으로부터 상기한 관리 신호들 중 임의의 것을 수신하고 또, 이들 신호들 내에 포함된 정보에 기초하여, UE, RN_2 및 RN_1 중 하나 이상에 할당되는 자원의 측정치 또는 측정치의 변화를 판정하는 동작을 한다. RN_2 에 대해 요구되는 임의의 새로운 자원 할당은 전송 자원 명령 TRC_{RN2} 로서 로컬적으로 보내진다. RN_1 또는 UE에 대해 요구되는 임의의 새로운 자원 할당은 각각 전송 자원 명령 TRC_{RN1} 또는 TRC_{UE} 로서 보내진다.
- <137> 하나의 절대 관리 신호 및 하나의 상대 관리 신호가 특정의 통신 링크를 통해 전송되는 경우 본 발명의 실시예들의 시그널링 이점을 설명하기 위해, 관리 신호가 -16 내지 +15의 값을 가질 수 있는 예를 생각해보자. $2^5 = 32$ 이므로 이것을 표현하기 위해 5 비트가 필요하다. 예를 들어, 이하의 2개의 값, UE=5 및 RN=6이 자원 제어 수단으로 보내지는 경우, 절대 표시자는 10 비트의 시그널링을 필요로 한다. 본 발명에 따라, 5 비트를 필요로 하는 하나의 절대값 6과 2 비트 상대값을 사용하는 하나의 상대값 -1을 전송하는 경우, 동일한 정보가 단지 7 비트로 또한 정확도의 손실없이 전달될 수 있다. 따라서, UE 및 RN으로부터의 신호의 값에 큰 변동을 제공하는 일이 존재하지 않는 경우(이는 통상적으로 시스템이 균형되어 있는 경우에 그러함), 보다 적은 시그널링 오버헤

드로 다중-홉 시스템 내에서 요구되는 관리 정보를 전달하는 것이 가능하다.

<138> UE 번호 n에 대한 상대값이 따라서 이하의 식을 사용하여 계산될 수 있으며,

<139>
$$A_{UEn/RN} = A_{UEn} - A_{RN}$$

<140> 여기서, n은 UE 번호이다.

<141> 당업자라면 본 발명의 실시예들의 관리 신호 처리 수단의 기능들 중 일부 또는 그 전부를 구현하기 위해 마이크로프로세서 또는 디지털 신호 처리기가 실제로 사용될 수 있음을 잘 알 것이다. 이러한 프로세서는 여러가지 기능을 수행하기 위해 운영 프로그램에 따라 동작한다.

<142> 이론적 분석

<143> 이하의 이론적 분석은 여러가지 배치 시나리오에 대한 다중-홉 네트워크에 포함되어 있는 전송 요소의 최적의 전송 전력을 명시적으로 계산하기 위해 자원 제어 수단에서 사용하기 위한 가능한 해결책을 도출한다. 그 자체로서, 이하의 해결책은 유럽 특허 출원 제02253767.7호, 제05253785.9호 및 제05253783.4호에 기술된 알고리즘에 의해 할당되는 전송 자원을 계산하는 데 특히 유용하다. 유럽 특허 출원 제05253768.5호, 제05253766.9호 및 제05253784.2호에 기재되어 있는 기술들은 그 균형을 달성하는 데 필요한 전송 전력의 명시적인 계산을 수행하지 않고 목적지 장치 및 중간 장치에 의해 도출되는 품질 표시자들의 균형을 이루게 하려고 한 것이지만, 이하의 이론적 분석은 그럼에도 불구하고 이들 기술을 이해하는 데 유용하다. 게다가, 수학식들이 다중-홉 네트워크에서 다운링크를 형성하는 연결들의 경우에 대해서만 개발되어 있지만, 도출된 수학식들을 업링크의 경우에 맞게 조정하는 것은 간단하다. 이러한 조정은 수신 노드에서의 수신 SINR에 대한 표현식을 전개하는 데 사용되는 동일한 방법을 채택함으로써 달성되며, 여기서 전송 노드는 이제 UE 및 RN이고, 수신 노드는 이제 NB 및 RN이다. RN 및 NB에 수신된 SINR에 대한 표현식이 도달되면, UE 및 RN의 최적의 전송 전력 설정을 결정하기 위해 각각의 배치 시나리오에 대해 동일한 방법이 이용될 수 있다. 각각의 배치 시나리오에 대해, 단일-셀 모델 및 2-셀 모델을 가정하여 이론적인 해결책이 구해진다. 2-셀 모델의 경우, 양쪽 셀에서의 배치가 동일하고 또 기지국(BS) 및 중간 장치(I)에서의 전송 전력이 동일한 것으로 가정한다. 또한, 적절한 경우 $P_{tx_tot,RN} = G_P P_{tx,RN}$ 및 $P_{tx_tot,NB} = G_P P_{tx,NB}$ 이고 또 TDD의 경우 양쪽 RN이 동시에 전송하는 것으로 가정한다. 이것은 사실상 2개의 셀에 대한 최악 경우의 시나리오를 발생한다.

<144> 이론적인 해결책은 다중-홉 시스템에서 수신 노드(즉, 각각의 중간 장치(I) 및 목적지 장치(D))가 겪게 되는 신호 대 간섭+노이즈 비(SINR)를 고려하여 도출될 수 있다. 특정의 노드에서의 SINR은 그 노드에 의해 수신되는 통신 신호의 품질의 측정치이고 또 원하지 않는 신호(노이즈 및 간섭)의 수신 신호 세기에 대한 원하는 신호의 수신 강도의 비이다.

<145> 노이즈 및 간섭에 대해 요구되는 고려사항은 중간 장치에 수신된 신호를 중간 장치로부터 전송된 신호로부터 분리시키는 데 사용되는 듀플렉싱 방법, 중간 장치의 특성, 또한 고려되는 셀간 간섭(inter-cell interference) (즉, 이웃 셀들로부터의 간섭)의 레벨에 의존한다.

<146> 이하의 수학식은 모든 시나리오에 대한 중간 장치로부터 목적지 장치로 전송되는 통신 신호의 SINR을 나타내며, 여기서 중간 장치의 유형(예를 들어, 비재생성 또는 재생성) 및 듀플렉싱 방법에 따라 여러 항들이 무시될 수 있다.

<147>
$$SINR_{RN-UE} = \frac{G_P P_{tx,RN}}{L_{RN-UE} \left(N + \frac{P_{tx,RN}}{L_{RN-UE} SINR_{NB-RN}} + \frac{P_{tx_tot,NB}}{L_{NB-UE}} \right)}$$

<148> TDD 대신에 FDD인 경우, 대괄호 내의 3번째 항이 제거되고, 비재생성 대신에 재생성인 경우, 대괄호 내의 2번째 항이 제거된다.

도 1b에 나타낸 2-셀 모델의 경우, 이것은 다음과 같이 된다.

$$SINR_{RN-UE} = \frac{G_p P_{tx,RN1}}{L_{RN1-UE} \left(N + \frac{P_{tx,RN1}}{L_{RN1-UE} SINR_{NB1-RN1}} + \frac{P_{tx-101,NB1}}{L_{NB1-UE}} + \frac{P_{tx-101,NB2}}{L_{NB2-UE}} + \frac{P_{tx-101,RN2}}{L_{RN2-UE}} \right)}$$

(2)에서의 처음 3개의 항은 (1)에서의 것들과 동일하다. 부가적인 마지막 2개의 항은 각각 이웃하는 동일-채널 NB 및 RN으로부터 겪는 간섭으로 생긴 것이다. 명백하게도, 이웃하는 셀이 다른 주파수를 이용하거나 릴레이 전송을 위해 다른 타임슬롯을 사용하는 경우, 이 간섭을 모델링하는 데 필요한 항들이 달라지게 된다. 이들 수학적식이 더 높은 레벨의 정확도를 위해 3-셀 모델 또는 그 이상으로 확장될 수 있다는 것을 잘 알 것이다.

이제부터, 기지국 또는 노드-B(NB)로부터 중간 릴레이 노드(RN)를 거쳐 목적지 사용자 장비(UE)로 전송된 DL 전송의 경우에 대해, 여러가지 가능한 배치 시나리오를 차례대로 살펴본다.

1A. FDD에서의 재생성 릴레이(regenerative relay) - 도 1a에 나타낸 단일-셀 모델

이 경우에, 중간 RN에 연결되어 있는 목적지 UE에서의 SINR은 수학적식 1에 의해 주어진다.

수학적식 1

$$SINR_{RN-UE} = \frac{G_p P_{tx,RN}}{L_{RN-UE} N}$$

여기서, G_p 는 처리 이득이고, $P_{tx,RN}$ 은 RN에서 관심의 채널을 통한 전송 전력이며, L_{RN-UE} 은 NB-RN 링크 상에서의 전파 손실이고, N 은 노이즈이다. 유의할 점은 이것이 셀내 간섭(intra-cell interference)이 존재하지 않는 것으로 가정하고 있다는 것이다.

NB로부터 신호를 수신하는 동작을 하는 중간 RN에서의 SINR은 수학적식 2에 의해 주어진다.

수학적식 2

$$SINR_{NB-RN} = \frac{G_p P_{tx,NB}}{L_{NB-RN} N}$$

여기서, $P_{tx,NB}$ 은 NB에서의 관심을 채널을 통한 전송 전력이고, L_{NB-RN} 은 RN에서 UE로의 링크 상에서의 전파 손실이다. 다시 말하면, 셀내 간섭이 존재하지 않는 것으로 가정한다.

다중-홉 링크에 걸친 전체적인 처리 용량은 2개의 SINR 값 중 낮은 것에 의해 제한되는데, 그 이유는 이것이 데이터가 그 개체로 전송될 수 있는 레이트를 제한하기 때문이다. SINR 불균형을 야기하는 전송 전력의 어떤 증가도 다중-홉 시스템의 성능을 향상시키지 않으며, 이는 단지 에너지 낭비를 가져오고 동일-채널 사용자에 대한 간섭을 증가시킬 뿐이다.

따라서, 중간 RN에 있는 수신기 및 목적지 UE에 있는 수신기가 동일한 성능을 보이는 것으로 가정하면, NB 및 RN에서의 전송 전력은 RN 및 UE에서의 SINR이 동일하도록 설정되어야만 한다. 전송 전력의 비를 설정하기 위해 이 기준을 사용하면, 그 비는 수학적식 3에 의해 주어진다.

수학식 3

$$\frac{P_{tx,NB}}{P_{tx,RN}} = \frac{L_{NB-RN}}{L_{RN-UE}} = \frac{b_1 s_1^{n_1}}{b_2 s_2^{n_2}}$$

여기서, b_1 및 n_1 은 길이가 s_1 인 NB-RN 링크에 대한 경로 손실 파라미터이고, b_2 , n_2 및 s_2 는 RN-UE 링크와 연관된 것이다. 따라서, 수학식 3을 사용하면, 다른 쪽이 주어진 경우 어느 하나의 전송 전력을 구할 수 있다.

1B. FDD에서의 재생성 릴레이 - 도 1b에 나타난 2-셀 모델

이 경우에, 전송 전력 수학식은 다른쪽 셀에서 일어나는 전송에 의해 야기되는 간섭을 고려하여 도출될 수 있다.

이 경우에, 중간 RN으로부터 신호를 수신하는 동작을 하는 목적지 UE에서의 SINR은 이제 수학식 4와 같다.

수학식 4

$$SINR_{RN-UE} = \frac{G_p P_{tx,RN}}{L_{RN-UE} \left(N + \frac{G_p P_{tx,RN}}{L_{RN-UE}} \right)}$$

최적의 NB 전송 전력은 수학식 4와 수학식 2를 함께 놓음으로써 구해질 수 있다.

따라서, 수학식 5가 얻어진다.

수학식 5

$$\begin{aligned} P_{tx,NB} &= \frac{L_{NB-RN} N P_{tx,RN}}{L_{RN-UE} \left(N + \frac{G_p P_{tx,RN}}{L_{RN-UE}} \right)} \\ &= \frac{L_{NB-RN} P_{tx,RN}}{\left(L_{RN-UE} + \frac{G_p P_{tx,RN}}{N} \right)} \end{aligned}$$

수학식 5는 소스 NB 전송 전력이 주어지면 중간 RN 전송 전력을 구하기 위해 수학식 6과 같이 재정렬될 수 있다.

수학식 6

$$P_{tx,RN} = \frac{L_{RN-UE}}{\left(\frac{L_{NB-RN}}{P_{tx,NB}} - \frac{G_p}{N} \right)}$$

2A. TDD에서의 재생성 릴레이: 단일 셀 모델 - 도 1a

2개의 링크(소스에서 중간지까지, 중간지에서 목적지까지)가 동일한 주파수 상에서 동작하며, TDD가 RN의 수신 동작과 전송 동작을 분리시키기 위해 사용되는 것으로 가정한다(즉, 더 이상 전이중(full duplex)이 아님). RN이 전송하는 타임슬롯이 NB에 의해 사용되지 않는 것으로 가정하면, FDD 듀플렉싱 방식에서의 재생성 릴레이의

경우에 대해 기술한 수학적식들이 사용될 수 있다. 그렇지만, 소스 NB가 RN 이외의 장치 또는 노드와 통신하기 위해 중간 RN과 동일한 타임슬롯을 사용하는 경우, RN에 의해 행해지는 전송에 간섭이 발생된다. 이 경우에, 중간 RN으로부터 통신 신호를 수신하는 동작을 하는 목적지 UE에서의 SINR은 수학적식 7에 의해 주어진다.

수학적식 7

$$\begin{aligned} \text{SINR}_{RN-UE} &= \frac{G_p P_{tx,RN}}{L_{RN-UE} (N + I)} \\ &= \frac{G_p P_{tx,RN}}{L_{RN-UE} \left(N + \frac{P_{tx,tot,NB}}{L_{NB-UE}} \right)} \end{aligned}$$

여기서, $P_{tx,tot,NB}$ 는 NB로부터의 총 전송 전력이고, L_{NB-UE} 는 NB-UE 링크 상에서의 전파 손실이다. 이 경우에, 동일한 SINR을 보장하는 RN에서의 전송 전력은 수학적식 8에 의해 주어진다.

수학적식 8

$$P_{tx,RN} = P_{tx,NB} \left(\frac{L_{RN-UE}}{L_{NB-RN}} \right) \left(1 + \frac{P_{tx,tot,NB}}{N L_{NB-UE}} \right)$$

수학적식 3과 수학적식 8을 비교하면, 간단한 비가 더 이상 이상적인 균형을 가져오지 않는다는 것이 명백하다.

$P_{tx,tot,NB} = G_p P_{tx,NB}$ 인 것으로 가정하면, 수학적식 8은 수학적식 9와 같이 쓸 수 있다.

수학적식 9

$$\begin{aligned} P_{tx,RN} &= P_{tx,NB} \left(\frac{L_{RN-UE}}{L_{NB-RN}} \right) \left(1 + \frac{G_p P_{tx,NB}}{N L_{NB-UE}} \right) \\ &= \left(\frac{L_{RN-UE}}{L_{NB-RN}} \right) \left(P_{tx,NB} + \frac{G_p P_{tx,NB}^2}{N L_{NB-UE}} \right) \end{aligned}$$

수학적식 9로부터, NB 전송 전력이 주어지면 이상적인 RN 전송 전력을 구할 수 있다. 시스템의 설정이 두번째 대
 괄호 내의 두번째 항이 무시할 정도가 되도록(즉, $P_{tx,tot,NB} / N L_{NB-UE} \ll 1$) 구성되어 있는 경우, FDD 듀플렉스 방식에서의 재생성 릴레이의 경우에 대해 상기한 기준이 사용될 수 있다.

어떤 RN 전송 전력이 주어진 경우 이상적인 NB 전송 전력은 수학적식 9의 근으로부터 구해질 수 있다. 수학적식 9를 간단화된 형태로 표현하면, 수학적식 10과 같이 된다.

수학적식 10

$$\begin{aligned} \frac{L_{RN-UE}}{L_{NB-RN}} P_{tx,NB} + \frac{L_{RN-UE}}{L_{NB-RN}} \frac{G_p}{N L_{NB-UE}} P_{tx,NB}^2 - P_{tx,RN} &= 0 \\ ax^2 + bx + c &= 0 \end{aligned}$$

<183> 여기서, $x = P_{tx,NB}$, $a = \frac{G_p L_{RN-UE}}{N L_{NB-RN} L_{NB-UE}}$, $b = \frac{L_{RN-UE}}{L_{NB-RN}}$ 및 $c = -P_{tx,RN}$ 이며, 수학식 10의 근은 수학식 11에 의해 주어진다.

수학식 11

<184>
$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

<185> 상수 a, b 및 전송 전력이 항상 양수이기 때문에, 단지 하나의 근만이 정의되며, 따라서 RN 및 UE에서 동일한 SINR을 보장하는 NB에서의 최적의 전송 전력이 수학식 12에 의해 주어진다.

수학식 12

<186>
$$x = P_{tx,NB} = \frac{-b + \sqrt{b^2 + 4aP_{tx,RN}}}{2a}$$

<187> 마지막으로, 상기한 정의를 사용하여 수학식 9를 다시 쓸 수 있으며, 이는 수학식 13의 유사한 간단화된 형태로 최적의 RN 전송 전력을 제공한다.

수학식 13

<188>
$$P_{tx,RN} = bP_{tx,NB} + aP_{tx,NB}^2$$

<189> 2A. TDD에서의 재생성 릴레이 - 도 1b에 도시한 2-셀 모델

<190> 양쪽에서의 배치가 동일하고 NB 및 RN에서의 전송 전력이 동일한 것으로 가정하는 것 이외에, 또한 적절한 경우 $P_{tx,tot,RN} = G_p P_{tx,RN}$ 이고 $P_{tx,tot,NB} = G_p P_{tx,NB}$ 이며 또 TDD의 경우에 양쪽 RN이 동시에 전송하는 것으로 가정한다. 이것은 사실상 2개의 셀에 대한 최악 경우의 시나리오를 발생한다.

<191> 이 경우에, 중간 RN으로부터 신호를 수신하는 동작을 하는 목적지 UE에서의 SINR은 이제 수학식 14가 된다.

수학식 14

<192>
$$SINR_{RN-UE} = \frac{G_p P_{tx,RN}}{L_{RN-UE} \left(N + \frac{2G_p P_{tx,NB}}{L_{NB-UE}} + \frac{G_p P_{tx,RN}}{L_{RN-UE}} \right)}$$

<193> 최적의 NB 전송 전력은 수학식 14와 수학식 2를 함께 놓음으로써 구해질 수 있다.

수학식 15

$$\frac{G_p P_{tx,NB}}{NL_{NB-RN}} = \frac{G_p P_{tx,RN}}{L_{RN-UE} \left(N + \frac{2G_p P_{tx,NB}}{L_{NB-UE}} + \frac{G_p P_{tx,RN}}{L_{RN-UE}} \right)}$$

$$P_{tx,RN} = P_{tx,NB} \left(\frac{L_{RN-UE}}{L_{NB-RN}} \right) \left(1 + \frac{2P_{tx,tot,NB}}{NL_{NB-UE}} + \frac{P_{tx,tot,RN}}{NL_{RN-UE}} \right)$$

$$\left(\frac{L_{RN-UE}}{L_{NB-RN}} \right) \left(\frac{2G_p}{NL_{NB-UE}} \right) P_{tx,NB}^2 + \left(\frac{L_{RN-UE}}{L_{NB-RN}} \right) \left(1 + \frac{G_p P_{tx,RN}}{NL_{RN-UE}} \right) P_{tx,NB} - P_{tx,RN}$$

<194>

<195> 최적의 NB 전송 전력은 수학식 16의 양의 근으로부터 구해진다.

수학식 16

$$\left(\frac{L_{RN-UE}}{L_{NB-RN}} \right) \left(\frac{2G_p}{NL_{NB-UE}} \right) P_{tx,NB}^2 + \left(\frac{L_{RN-UE}}{L_{NB-RN}} \right) \left(1 + \frac{G_p P_{tx,RN}}{NL_{RN-UE}} \right) P_{tx,NB} - P_{tx,RN} = 0$$

<196>

<197> 이 근은 수학식 17에 의해 주어진다.

수학식 17

$$x = P_{tx,NB} = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

<198>

$$a = \frac{2G_p L_{RN-UE}}{NL_{NB-RN} L_{NB-UE}}, \quad b = \frac{L_{RN-UE}}{L_{NB-RN}} \left(1 + \frac{G_p P_{tx,RN}}{NL_{RN-UE}} \right) \quad \text{및} \quad c = -P_{tx,RN}$$

<199>

이 경우에, a , b 및 c 둘다는 RN 전송 전력의 함수이다.

<200>

NB 전송 전력이 주어진 경우, 수학식 15를 재정렬하여 RN 전송 전력을 구할 수 있다. 최적의 RN 전송 전력은 수학식 18에 의해 주어진다.

수학식 18

$$P_{tx,RN} = \frac{\left(\frac{2G_p}{NL_{NB-UE}} \frac{L_{RN-UE}}{L_{NB-RN}} \right) P_{tx,NB}^2 + \left(\frac{L_{RN-UE}}{L_{NB-RN}} \right) P_{tx,NB}}{1 - \left(\frac{G_p}{NL_{RN-UE}} \frac{L_{RN-UE}}{L_{NB-RN}} \right) P_{tx,NB}}$$

<201>

<202>

3A. FDD에서의 비재생성 릴레이 노드(RN) - 도 1a에 도시한 단일 셀 모델

<203>

이 경우와 FDD 듀플렉스 방식과 관련하여 사용되는 재생성 릴레이 노드의 경우 사이의 차이는 UE에서의 SINR이 RN에서의 SINR의 함수라는 것이며, RN에 연결되어 있는 목적지 UE에서의 SINR은 수학식 19에 의해 주어진다.

수학식 19

$$SINR_{RN-UE} = \frac{G_p P_{tx,RN}}{L_{RN-UE} \left(N + \frac{P_{tx,RN}}{L_{RN-UE} SINR_{NB-RN}} \right)}$$

<204>

<205>

그 결과, UE에서의 SINR을 RN에서의 SINR과 함께 설정하는 것으로부터 이상적인 균형이 더 이상 도출되지 않는다. 수학식 19에 따라, RN에서의 SINR이 UE에서의 이 목표 SINR을 달성하는 것을 방해하지 않도록 설정될 필요가 있다. 그렇지만, NB 전력이 실제로 요구되는 것을 넘어 상승하는 RN에서의 SINR을 제한하도록 제어되어야만 하며, 그렇지 않은 경우 과도한 간섭 및 전송 전력 낭비가 일어난다.

<206>

도 11a 및 도 11b는 2개의 서로 다른 배치 시나리오에 있어서 NB 및 RN 전송 전력의 설정이 RN에 연결된 UE에서의 SINR에 어떻게 영향을 미치는지를 나타낸 것이다.

<207>

따라서, 시스템이 도 6에 도시한 표면의 대각선 접힘부에서 효과적으로 동작하도록 NB 및 RN의 전송 전력을 선택하는 것이 최적의 해결책이라는 것을 알 수 있다. 수학식 19의 1차 도함수를 구하고 NB 또는 RN 전송 전력 중 어느 하나를 증가시키는 것이 UE에서의 SINR의 최소 증가를 가져오는 점을 찾아냄으로써 이러한 해결책을 실현할 수 있다.

<208>

수학식 19의 1차 도함수를 구하기 위해, 이는 수학식 20과 같이 정리된다.

수학식 20

$$\begin{aligned} SINR_{RN-UE} &= \frac{G_p P_{tx,RN}}{L_{RN-UE} \left(N + \frac{P_{tx,RN}}{L_{RN-UE} \frac{G_p P_{tx,NB}}{NL_{NB-RN}}} \right)} \\ &= \frac{1}{\left(\frac{NL_{RN-UE}}{G_p P_{tx,RN}} \right) + \left(\frac{NL_{NB-RN}}{G_p^2 P_{tx,NB}} \right)} \end{aligned}$$

<209>

$y = SINR_{RN-UE}$, $k_1 = \frac{NL_{RN-UE}}{G_p}$ 및 $k_2 = \frac{NL_{NB-RN}}{G_p^2}$ 이라고 정의하면, 수학식 20을 수학식 21로 간단화시킬 수 있다.

<210>

수학식 21

$$y = \frac{1}{\frac{k_1}{P_{tx,RN}} + \frac{k_2}{P_{tx,NB}}} = \frac{P_{tx,NB}}{\frac{k_1 P_{tx,NB}}{P_{tx,RN}} + k_2}$$

<211>

$P_{tx,NB}$ 로 SINR의 변화율을 구하기 위해, 미분에 대한 몫 규칙(quotient rule)이 사용된다.

<212>

수학식 22

$$\frac{dy}{d(P_{tx,NB})} = \frac{k_2}{\left(\frac{k_1}{P_{tx,RN}} P_{tx,NB} + k_2\right)^2} = \nabla_{NB}$$

<213>

<214> 요구되는 기울기 및 $P_{tx,RN}$ 이 주어진 경우 $P_{tx,NB}$ 에 대해 수학식 22를 풀면, 수학식 23의 최적 NB 전송 전력을 구할 수 있다.

수학식 23

$$P_{tx,NB} = \frac{P_{tx,RN} \left(\sqrt{\frac{k_2}{\nabla_{NB}}} - k_2 \right)}{k_1}$$

<215>

<216> NB의 전송 전력이 주어진 경우 최적의 RN 전송 전력을 구하기 위해, 이제 $P_{tx,RN}$ 에 대해 수학식 21의 미분이 수행된다. 이 경우에, 1차 도함수는 수학식 24에 의해 주어진다.

수학식 24

$$\frac{dy}{d(P_{tx,RN})} = \frac{k_1}{\left(\frac{k_2}{P_{tx,NB}} P_{tx,RN} + k_1\right)^2} = \nabla_{RN}$$

<217>

<218> NB의 전송 전력이 주어진 경우 최적의 RN 전송 전력은 수학식 25가 된다.

수학식 25

$$P_{tx,RN} = \frac{P_{tx,NB} \left(\sqrt{\frac{k_1}{\nabla_{RN}}} - k_1 \right)}{k_2}$$

<219>

<220> 3B. FDD에서의 비재생성 릴레이 노드(RN) - 도 1b에 도시한 2-셀 모델

<221> 2-셀 모델에서, 셀 경계에 있는 목적지 UE의 최악의 경우에 대한 SINR은 수학식 26에 의해 주어진다.

수학식 26

$$\begin{aligned} SINR_{RN-UE} &= \frac{G_p P_{tx,RN}}{L_{RN-UE} \left(N + \frac{P_{tx,RN}}{L_{RN-UE} SINR_{NB-RN}} + \frac{G_p P_{tx,RN}}{L_{RN-UE}} \right)} \\ &= \frac{1}{\left(\frac{NL_{RN-UE}}{G_p P_{tx,RN}} \right) + \left(\frac{NL_{NB-RN}}{G_p^2 P_{tx,RN}} \right) + 1} \end{aligned}$$

<222>

<223>

2개의 RN의 전송 전력이 같고, 2개의 셀에 걸쳐 배치가 동일하며, $P_{tx,tot,RN} = G_p P_{tx,RN}$ 이라고 가정하면, 수학식 26의 간단화된 형태가 수학식 27에 의해 주어진다.

수학식 27

$$\begin{aligned} SINR_{RN-UE} &= \frac{1}{\frac{k_1}{P_{tx,RN}} + \frac{k_2}{P_{tx,NB}} + 1} \\ &= \frac{P_{tx,NB}}{\left(\frac{k_1}{P_{tx,RN}} + 1 \right) P_{tx,NB} + k_2} \end{aligned}$$

<224>

<225>

이제 1차 도함수는 수학식 28이 된다.

수학식 28

$$\frac{dy}{d(P_{tx,NB})} = \frac{k_2}{\left(\left(\frac{k_1}{P_{tx,RN}} + 1 \right) P_{tx,NB} + k_2 \right)^2}$$

<226>

<227>

따라서, 최적의 NB 전송 전력은 수학식 29에 의해 구해질 수 있다.

수학식 29

$$P_{tx,NB} = \frac{P_{tx,RN} \sqrt{\frac{k_2}{\nabla}} - k_2}{k_1 + P_{tx,RN}}$$

<228>

<229>

최적의 RN 전송 전력은 $P_{tx,RN}$ 에 대한 수학식 27의 도함수를 구함으로써 얻어진다.

수학식 30

$$\frac{dy}{d(P_{tx,RN})} = \frac{k_1}{\left(\left(\frac{k_2}{P_{tx,NB}} + 1 \right) P_{tx,RN} + k_1 \right)^2}$$

<230>

<231> 따라서, 최적의 RN 전송 전력은 수학식 31에 의해 구해질 수 있다.

수학식 31

$$P_{tx,RN} = \frac{P_{tx,NB} \sqrt{\frac{k_1}{\nabla}} - k_1}{k_2 + P_{tx,NB}}$$

<232>

<233> 4A. TDD에서의 비재생성 릴레이 - 도 1a에 도시한 단일 셀 모델

<234> 이 경우는 이제 NB가 RN과 동일한 주파수로 동시에 전송한다는 사실로 인해 NB로부터의 간섭이 고려되어야만 한다는 사실을 제외하고는 비재생성에 대해 상기한 것과 유사하다. 이 경우에, RN에 의해 전송된 통신 신호를 수신하는 UE에서의 SINR은 수학식 32에 의해 주어진다.

수학식 32

$$SINR_{RN-UE} = \frac{G_p P_{tx,RN}}{L_{RN-UE} \left(N + \frac{P_{tx,RN}}{L_{RN-UE} SINR_{NB-RN}} + \frac{P_{tx_tot,NB}}{L_{NB-UE}} \right)}$$

<235>

<236> $P_{tx,NB} / P_{tx,RN}$ 이 너무 큰 경우, 불충분한 RN 전송 전력으로 인해 UE에서의 SINR이 제한되고, RN에의 연결의 링크 성능이 NB에의 연결에 대한 링크 성능보다 우수한 영역이 줄어들 가능성이 있다. 역으로, 너무 작은 경우, UE에서의 SINR이 RN에서의 낮은 SINR에 의해 제한된다.

<237> 이 경우에, 도 12a 및 도 12b에 나타난 바와 같이, 균형이 FDD 듀플렉싱 방식과 관련하여 이용되는 비재생성 릴레이 노드의 경우에 기술된 것보다 훨씬 더 낮다. 최적의 동작점은 수학식 32의 1차 도함수가 0인 점을 찾아냄으로써 주어진다. 이 최적점을 찾기 위해, 먼저 수학식 32가 이하의 형태로 재정렬된다.

수학식 33

$$\begin{aligned} SINR_{RN-UE} &= \frac{G_p P_{tx,RN}}{L_{RN-UE} \left(N + \frac{P_{tx,RN}}{L_{RN-UE} \left(\frac{G_p P_{tx,NB}}{NL_{NB-RN}} \right)} + \frac{P_{tx_tot,NB}}{L_{NB-UE}} \right)} \\ &= \frac{1}{\left(\frac{NL_{RN-UE}}{G_p P_{tx,RN}} \right) + \left(\frac{NL_{NB-RN}}{G_p^2 P_{tx,NB}} \right) + \left(\frac{L_{RN-UE} P_{tx,NB}}{L_{NB-UE} P_{tx,RN}} \right)} \end{aligned}$$

<238>

$y = SINR_{RN-UE}$, $k_1 = \frac{NL_{RN-UE}}{G_p}$ 및 $k_2 = \frac{NL_{NB-RN}}{G_p^2}$ 인 것으로 정의하면, 상기 3A에서의 설명으

로부터의 정의 및 $k_3 = \left(\frac{L_{RN-UE}}{L_{NB-UE}} \right)$ 를 사용하여, 수학식 33을 수학식 34로 간단화시킬 수 있다.

수학식 34

$$y = \frac{1}{\left(\frac{k_1}{P_{tx,RN}} \right) + \left(\frac{k_2}{P_{tx,NB}} \right) + \left(\frac{k_3 P_{tx,NB}}{P_{tx,RN}} \right)} = \frac{P_{tx,NB}}{\left(\frac{k_1}{P_{tx,RN}} \right) P_{tx,NB} + k_2 + \left(\frac{k_3}{P_{tx,RN}} \right) P_{tx,NB}^2}$$

다음 단계는 수학식 35를 풀어서 수학식 34에서의 포물선 함수의 단일 극대값(single maxima)을 찾는 것이다.

수학식 35

$$\frac{dy}{dx} = 0$$

수학식 34의 1차 도함수를 구하기 위해 몫 규칙을 사용하면,

수학식 36

$$\frac{dy}{d(P_{tx,NB})} = \frac{\frac{k_1}{P_{tx,RN}} P_{tx,NB} + k_2 + \frac{k_3}{P_{tx,RN}} P_{tx,NB}^2 - P_{tx,NB} \left(\frac{k_1}{P_{tx,RN}} + \frac{2k_3}{P_{tx,RN}} P_{tx,NB} \right)}{\left(\frac{k_1}{P_{tx,RN}} P_{tx,NB} + k_2 + \frac{k_3}{P_{tx,RN}} P_{tx,NB}^2 \right)^2}$$

y의 극대값은 수학식 36을 0으로 두고 $P_{tx,NB}$ 에 대해 풀어서 구해진다. UE에서의 극대값 SINR은 수학식 37과 같이 설정함으로써 얻어진다.

수학식 37

$$\frac{k_1}{P_{tx,RN}} P_{tx,NB} + k_2 + \frac{k_3}{P_{tx,RN}} P_{tx,NB}^2 = P_{tx,NB}^2 \left(\frac{k_1}{P_{tx,RN}} + \frac{2k_3}{P_{tx,RN}} P_{tx,NB} \right)$$

$$P_{tx,NB} = \sqrt{\frac{P_{tx,RN} k_2}{2k_3}}$$

따라서, RN의 전송 전력이 주어지면, 수학식 37을 사용하여 RN에 연결되어 있는 UE에서의 최대 SINR을 보장하는 대응하는 NB 전송 전력을 구할 수 있다.

NB 전송 전력이 주어진 경우 최적의 RN 전송 전력을 구하는 경우에 있어서, FDD 듀플렉싱 방식과 관련하여 이용된 비재생성 릴레이 노드의 경우에서 상기한 것과 유사한 방식이 사용될 수 있는데, 그 이유는 UE에서의 SINR이 RN 전송 전력의 포물선 함수가 아니기 때문이다. 최적의 RN 전송 전력을 구하기 위해, 수학식 34는 수학식 38로 재정렬된다.

수학식 38

$$y = \frac{1}{\left(\frac{k_1}{P_{tx,RN}}\right) + \left(\frac{k_2}{P_{tx,NB}}\right) + \left(\frac{k_3 P_{tx,NB}}{P_{tx,RN}}\right)} = \frac{P_{tx,RN}}{\left(\frac{P_{tx,RN} k_2}{P_{tx,NB}}\right) + k_3 P_{tx,NB} + k_1}$$

<249>

<250>

1차 도함수는 이제 수학식 39가 된다.

수학식 39

$$\frac{dy}{d(P_{tx,RN})} = \frac{k_3 P_{tx,NB} + k_1}{\left(\left(\frac{P_{tx,RN} k_2}{P_{tx,NB}}\right) + k_3 P_{tx,NB} + k_1\right)^2} = \nabla$$

<251>

<252>

NB 전송 전력이 주어진 경우, $P_{tx,RN}$ 에 대해 수학식 39를 풀면 최적의 RN 전송 전력이 주어진다.

수학식 40

$$P_{tx,NB} = \frac{P_{tx,RN} \left(\sqrt{\frac{k_3 P_{tx,NB} + k_1}{\nabla}} - (k_3 P_{tx,NB} + k_1) \right)}{k_2}$$

<253>

<254>

도 12a 또는 도 12b에서의 표면을 관찰하는 것에 의해 또 수학식 34의 형태 및 수학식 40에서의 결과로부터, NB 전송 전력이 작은 경우, RN 전송 전력에 따른 SINR의 변화율이 RN 전송 전력의 증가에 따라 감소되는 것이 명백하다. 그렇지만, NB 전송 전력이 큰 경우에, UE에서의 SINR은 RN 전송 전력의 선형 함수에 가까워진다. 그 결과, 이 경우에 문제에 대한 해는 수학식 40에 요약되어 있는 바와 같이 무한이 된다.

<255>

4B. TDD에서의 비재생성 릴레이 - 도 1b에 나타낸 2-셀 모델

<256>

셀 경계에 있는 UB의 관점에서 볼 때 최악의 경우는 이웃 셀이 TDD 방식을 이용하는 상황에서 동일한 타임슬롯이 RN 전송에 사용될 때이다. 동일한 배치 및 전송 전력 설정에서 셀들이 크기가 같고 또

$$P_{tx,tot,RN/NB} = G_P P_{tx,RN/NB} \text{인 경우,}$$

수학식 41

$$\begin{aligned} SINR_{RN-UE} &= \frac{G_P P_{tx,RN}}{L_{RN-UE} \left(N + \frac{P_{tx,RN}}{L_{RN-UE} SINR_{NB-R1}} + \frac{2G_P P_{tx,NB}}{L_{NB-UE}} + \frac{G_P P_{tx,RN}}{L_{RN-UE}} \right)} \\ &= \frac{1}{\left(\frac{NL_{RN-UE}}{G_P P_{tx,RN}} \right) + \left(\frac{NL_{NB-RN}}{G_P^2 P_{tx,NB}} \right) + \left(\frac{2L_{RN-UE} P_{tx,NB}}{L_{NB-UE} P_{tx,RN}} \right) + 1} \end{aligned}$$

<257>

<258>

이다. 이 경우, 수학식 4의 간단화된 형태는 수학식 42가 된다.

수학식 42

$$\begin{aligned} SINR_{RN-UE} &= \frac{1}{\frac{k_1}{P_{tx,RN}} + \frac{k_2}{P_{tx,NB}} + \frac{2k_3}{P_{tx,RN}} P_{tx,NB} + 1} \\ &= \frac{P_{tx,NB}}{\left(\frac{k_1}{P_{tx,RN}} + 1 \right) P_{tx,NB} + k_2 + \frac{2k_3}{P_{tx,RN}} P_{tx,NB}^2} \end{aligned}$$

<259>

<260> 1차 도함수는 수학식 43이 된다.

수학식 43

$$\frac{dy}{d(P_{tx,NB})} = \frac{\left(\frac{k_1}{P_{tx,RN}} + 1 \right) P_{tx,NB} + k_2 + \frac{2k_3}{P_{tx,RN}} P_{tx,NB}^2 - P_{tx,NB} \left(\frac{k_1}{P_{tx,RN}} + 1 + \frac{4k_3}{P_{tx,RN}} P_{tx,NB} \right)}{\left(\left(\frac{k_1}{P_{tx,RN}} + 1 \right) P_{tx,NB} + k_2 + \frac{2k_3}{P_{tx,RN}} P_{tx,NB}^2 \right)^2}$$

<261>

<262> 마지막으로, 극대값은 수학식 43을 0으로 두고 $P_{tx,NB}$ 에 대해 풀면 주어진다.

수학식 44

$$\begin{aligned} \left(\frac{k_1}{P_{tx,RN}} + 1 \right) P_{tx,NB} + k_2 + \frac{2k_3}{P_{tx,RN}} P_{tx,NB}^2 &= P_{tx,NB} \left(\frac{k_1}{P_{tx,RN}} + 1 + \frac{4k_3}{P_{tx,RN}} P_{tx,NB} \right) \\ k_2 + \frac{2k_3}{P_{tx,RN}} P_{tx,NB}^2 &= \frac{4k_3}{P_{tx,RN}} P_{tx,NB}^2 \\ P_{tx,NB} &= \sqrt{\frac{P_{tx,RN} k_2}{2k_3}} \end{aligned}$$

<263>

<264> NB 전송 전력이 주어진 경우 최적의 RN 전송 전력을 구하기 위해, 수학식 42는 수학식 45로 재정렬된다.

수학식 45

$$\begin{aligned} y &= \frac{1}{\frac{k_1}{P_{tx,RN}} + \frac{k_2}{P_{tx,NB}} + \frac{2k_3}{P_{tx,RN}} P_{tx,NB} + 1} \\ &= \frac{P_{tx,RN}}{k_1 + \frac{k_2 P_{tx,RN}}{P_{tx,NB}} + 2k_3 P_{tx,NB} + P_{tx,RN}} \end{aligned}$$

<265>

<266> 이제, 1차 도함수는 수학식 46이 된다.

수학식 46

$$\frac{dy}{d(P_{tx,RN})} = \frac{k_1 + 2k_3 P_{tx,NB}}{\left(k_1 + 2k_3 P_{tx,NB} + P_{tx,RN} \left(1 + \frac{k_2}{P_{tx,NB}} \right) \right)^2} = \nabla$$

수학식 46을 $P_{tx,RN}$ 에 대해 풀면, NB 전송 전력이 주어진 경우 최적의 RN 전송 전력이 주어진다.

수학식 47

$$P_{tx,RN} = \frac{P_{tx,NB} \sqrt{\frac{k_1 + 2k_3 P_{tx,NB}}{\nabla}} - (k_1 + 2k_3 P_{tx,NB})}{(P_{tx,NB} + k_2)}$$

다시 말하면, NB 전송 전력이 큰 경우, UE에서의 SINR은 RN 전송 전력의 선형 함수에 가까워진다. 그 결과, 수학식 47의 해는 무한이 된다.

이제, 최적의 전송 전력 균형은 서로 다른 릴레이 및 듀플렉싱 방식에 대해 또 2개의 별개의 배치 시나리오에 대해 상기한 해에 기초하여 판정된다. 이들 배치 시나리오가 표 III에 요약되어 있고, 수학식 48에서의 경로 손실 수학식의 전파 파라미터가 표 IV에 있다.

수학식 48

$$L = b + 10n \log d$$

여기서, L은 경로 손실(단위: dB)이고, b는 dB 단위이고 표에 n과 함께 주어져 있으며, d는 송신기-수신기 간격(단위: 미터)이다.

[표 III]

	시나리오	
파라미터	1	2
셀 반경	1867 m	
릴레이 위치	933 m	1400 m

배치 시나리오

송신기-수신기 간격은 셀 반경과 동일하다(즉, UE가 셀 반경에 위치하고 있다). 예로 든 RN 위치는 NB가 위치하고 있는 셀의 중심에 대한 것이다. RN 위치는 따라서 NB로부터 RN까지의 거리이다. 그러면, RN-UE는 셀 반경과 NB-RN 간격의 차이이다.

[표 IV]

파라미터	링크		
	NB-UE	NB-RN	RN-UE
b(dB)	15.3	15.5	28
n	3.76	3.68	4

- <280> 전파 파라미터
- <281> 재생성 릴레이
- <282> 표 III 및 표 IV에 주어진 값들을, FDD의 경우 수학적식 3 및 수학적식 5에 대입하고 TDD의 경우 수학적식 12 및 수학적식 17에 대입하면, RN 전송 전력이 주어진 경우 최적의 NB 전송 전력을 구할 수 있다. 도 13a는 2가지 배치 시나리오에 있어서 FDD 및 TDD 둘다에 대해 최적의 NB 전송 전력을 RN 전송 전력의 함수로서 나타낸 것이다.
- <283> FDD에서의 비재생성 릴레이
- <284> 이들 파라미터를 수학적식 23 및 수학적식 24에 대입하면, 도 8b에 나타낸 바와 같이, 2가지 배치 시나리오에 대해 최적의 NB 전송 전력을 구할 수 있다.
- <285> TDD에서의 비재생성 릴레이
- <286> 이들 파라미터를 수학적식 37 및 수학적식 44에 대입하면, 도 13c에 나타낸 바와 같이, 2가지 배치 시나리오에 대해 최적의 NB 전송 전력을 구할 수 있다.
- <287> 시스템 레벨 시뮬레이션 결과
- <288> 도 13c의 결과에 기초하여 예측된 최적의 전송 전력 설정을 검증하기 위해 TDD 듀플렉싱에서 비재생성 릴레이 (릴레이는 매 3번째마다의 전송 시간 구간에서 전송함)를 이용하는 다중-홉 HSDPA 네트워크의 시스템 시뮬레이션이 수행되었으며, 평균 패킷 호출 처리 용량 이득(average packet call throughput gain)이 구해지는 이유는 RN 및 NB의 전송 전력이 최적점을 중심으로 변화되기 때문이다.
- <289> 이제부터, 상기 표 III에서 상세히 설명한 2가지 배치 시나리오에 대한 시스템 레벨 시뮬레이션의 결과가 제공된다. 시뮬레이션 파라미터들은 이하의 표 V 및 표 VI에 열거되어 있다.

<290> [표 V]

파라미터		값
기지국	셀간 간격	2.8 km
	섹터/셀	3
	안테나 높이	15 m
	안테나 이득	17 dBi
릴레이 스테이션	RN 안테나 위치	120°
	개수/셀	1/2 및 3/4 셀 반경
	안테나 높이	9
	안테나 이득	5 m 17 dBi
사용자 장비	섹터당 개수	50
	초기 분포	랜덤
	속도	3 km/h
	지향성 갱신	반지향성(semi-directed) 20 m
트래픽 모델		WWW

<292> 배치 파라미터

[표 VI]

파라미터		값
기지국/ 릴레이 노드	HS-DSCH 전력	가변적
	CPICH 전력	전체의 20%
	HARQ 방식	추적(chase)
	HS-DSCH/프레임	15
	릴레이 버퍼 크기	1.78 메가비트
	Ack/Nack 검출	에러 없음
	NB 스케줄러	라운드 로빈
사용자 장비	릴레이 유형	증폭 및 전달
	열 노이즈 밀도	10
	잡음 지수	-174 dBm/Hz
	검출기	5 dBm MMSE

시뮬레이션 파라미터

2가지 배치 시나리오 둘다에 대해, NB 전송 전력이 30 dBm인 단일 홉 시스템의 경우에 대해 관찰된 것에 대한 사용자들이 겪는 평균 패킷 호출 처리 용량의 이득이 4개의 서로 다른 RN 전송 전력에 대한 NB 전송 전력의 함수로서 나타내어져 있다. 도 14a는 배치 시나리오 1에 대한 이득을 나타낸 것이고, 도 14b는 시나리오 2에 대한 이득을 나타낸 것이다.

유의할 점은 NB-UE 링크에 대한 채널 이득이 NB-RN 및 RN-UE 링크에 대해서보다 3dB 더 높았다는 것이다. 이것은 또하나의 NB로부터 RN에 연결된 UE가 겪는 간섭이 도 13a, 도 13b 및 도 13c를 참조하여 상기한 링크 분석에서 사용된 것의 2배임을 의미한다.

채널 이득은 전송된 신호의 다수의 복제가 수신된다는 사실로 기인하며, 이들 모두 상의 전력이 가산될 때, NB에서 UE로의 채널의 경우에, 총 전력이 NB에서 RN으로 또는 RN에서 UE로의 채널 상의 전력의 2배인 것으로 밝혀졌다. 이것은 3dB 이득을 설명해 주는데, 왜냐하면 3dB가 2배와 같기 때문이다. 채널 이득이 NB에서 UE로의 채널보다 높은 결과, 이것은 다중-경로를 통한 채널 이득이 고려되지 않은 경우 수신 신호 전력이 그 지점까지 분석에서 사용된 것보다 3dB 더 높아진다는 것을 의미한다.

링크 기반 예측과 시스템 시뮬레이션의 비교

도 15는, NB-UE 링크가 나머지 링크들에 비해 3dB 이득을 갖는 것으로 가정한 경우에, 각각의 배치 시나리오에 대해 최적의 NB 전송 전력을 TDD에 대한 비재생성 릴레이의 RN 전송 전력의 함수로서 나타낸 것이다. 이 경우에, 시뮬레이션에서 사용된 RN 전송 전력에 대한 NB에서의 예측된 전송 전력이 이들 설정이 사용된 경우에 겪게 되는 처리 용량 이득 및 달성가능 최대값과 함께 표 VII에 열거되어 있다.

[표 VII]

RN 전송 전력(dBm)	NB 전송 전력(dBm) 및 사용자 패킷 처리 용량 이득					
	시나리오 1			시나리오 2		
	예측된 전력	처리용량 이득	최대 이득	예측된 전력	처리용량 이득	최대 이득
16	-0.5	33%	40%	8.8	60%	67%
19	1	38%	43%	10.3	65%	74%
22	2.5	41%	46%	11.8	68%	74%
25	4	49%	51%	13.3	72%	75%

관찰된 최대 이득과 비교되어 있는, 이 설정으로부터 달성되는 예측된 최적의 NB 전송 전력 및 그 결과 얻어지는 시뮬레이션된 처리 용량 이득

표 VII, 도 13a 및 도 14b는 이상에서 전개된 수학적에 기초한 기술을 사용하여 본 발명의 양호한 실시예에 따라 전력 균형 유지가 수행되는 경우, 선택된 전력 균형이 일반적으로 최적점의 영역 내에 있게 된다는 것을 암

시한다. 상세하게는, 사용된 전송 전력에 있어서, 이득이 항상 달성가능 최대값의 10% 내에 있음을 보여주었으며, 차이는 다중-셀 시스템을 모델링하는 데 2-셀 모델을 사용한 단점에 기인한 것이다.

<305> NB 전송이 최적점을 넘어 증가되는 경우, 더 많은 신호 에너지의 방사에도 불구하고 상당한 이득 열화를 겪게 된다는 것을 보여주고 있는 도 14a 및 도 14b 둘다에서 제공된 결과에서 전송 전력 균형 유지의 필요성이 명백하다. 또한, NB 전송 전력이 주의깊게 선택되는 경우, RN 전송 전력에 대한 이득의 민감도가 감소된다는 것도 보여주고 있다.

발명의 효과

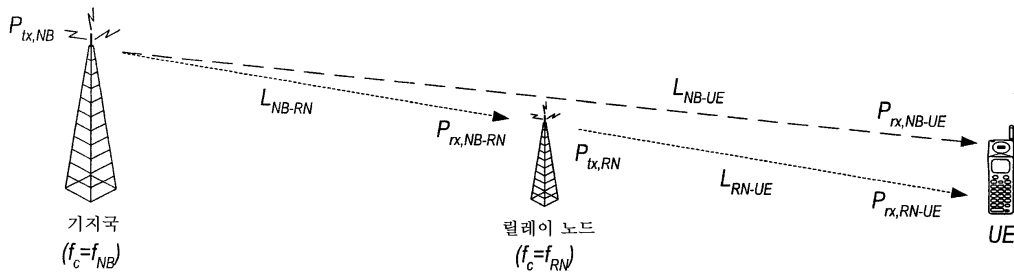
<306> 본 발명에 의하면, 다중-홉 통신 시스템의 구현에 요구되는 관리 시그널링의 효율성을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

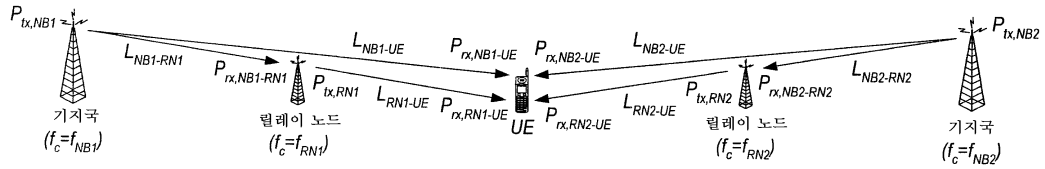
- <1> 도 1a는 무선 통신 시스템의 단일 셀/릴레이 모델을 나타낸 도면.
- <2> 도 1b는 무선 통신 시스템의 2 셀/릴레이 모델을 나타낸 도면.
- <3> 도 2a 및 도 2b는 경로 손실 방정식(A)에 기초하여 다중-홉 통신 시스템에 의해 달성될 수 있는 이론적인 이득을 그래프로 나타낸 도면.
- <4> 도 3은 중앙집중식 전송 자원 제어 수단을 갖는 이전에 살펴본 다중-홉 통신 시스템에서의 시그널링 대역폭을 나타낸 도면.
- <5> 도 4는 본 발명의 제1 실시예에 따른 2-홉 통신 시스템을 나타낸 도면.
- <6> 도 5는 본 발명을 구현하는 통신 장치의 부분들을 나타낸 도면.
- <7> 도 6은 본 발명을 구현하는 알고리즘의 제1 부분을 나타낸 도면.
- <8> 도 7은 본 발명을 구현하는 알고리즘의 제2 부분을 나타낸 도면.
- <9> 도 8은 DL 통신을 위해 본 발명을 구현하는 시그널링 방식을 나타낸 도면.
- <10> 도 9는 본 발명을 구현하는 다른 시그널링 방식을 나타낸 도면.
- <11> 도 10은 본 발명을 구현하는 시그널링 방식을 나타낸 도면.
- <12> 도 11a 및 도 11b는 비재생성 릴레이 노드(non-regenerative relay node)를 가지며 FDD 듀플렉싱 기술을 사용하는 다중-홉 통신 시스템의 경우에 소스 전송 전력과 중간 전송 전력 간의 관계를 나타낸 도면.
- <13> 도 12a 및 도 12b는 비재생성 릴레이 노드를 가지며 TDD 듀플렉싱 기술을 사용하는 다중-홉 통신 시스템의 경우에 소스 전송 전력과 중간 전송 전력 간의 관계를 나타낸 도면.
- <14> 도 13a 내지 도 13c는 최적의 NB 전송 전력을 RN 전송 전력의 함수로서 나타낸 도면.
- <15> 도 14는 단일 홉 시스템에 대해 관찰된 것과 비교하여 다중-홉 시스템의 사용자들에 의해 관찰된 처리 용량의 평균 이득의 변동을 그래프로 나타낸 도면.
- <16> 도 15는 소스 장치와 목적지 장치 사이의 통신 링크가 보다 짧은 다중-홉 링크와 비교하여 3dB 이득을 갖는 것으로 가정하는 경우 최적의 NB 전송 전력을 RN 전송 전력의 함수로서 나타낸 도면.
- <17> <도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>
- <18> 3 : 표시자 편차 검출 수단
- <19> 4 : 불균형 검출 수단
- <20> 6 : 관리 신호 처리 수단
- <21> 7 : 표시자 도출 수단
- <22> 10 : 자원 제어 수단
- <23> 11 : 통신 장치

도면

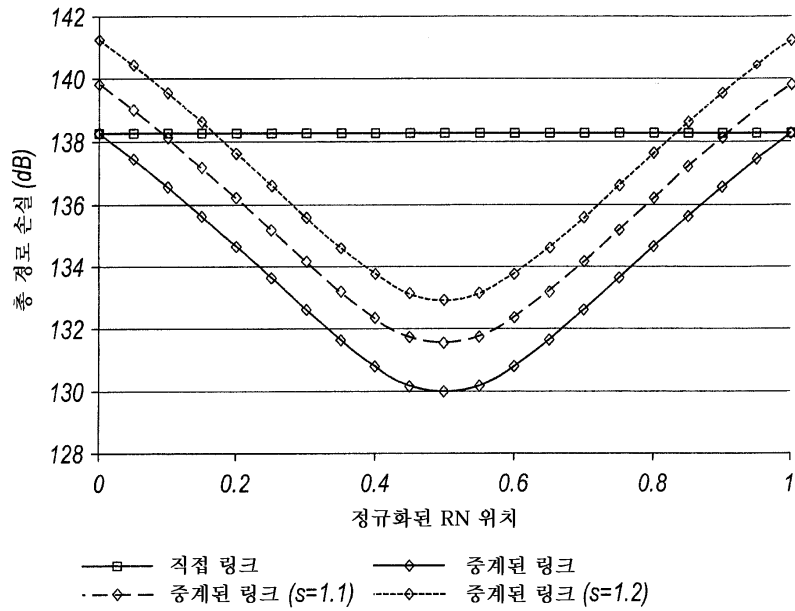
도면1a



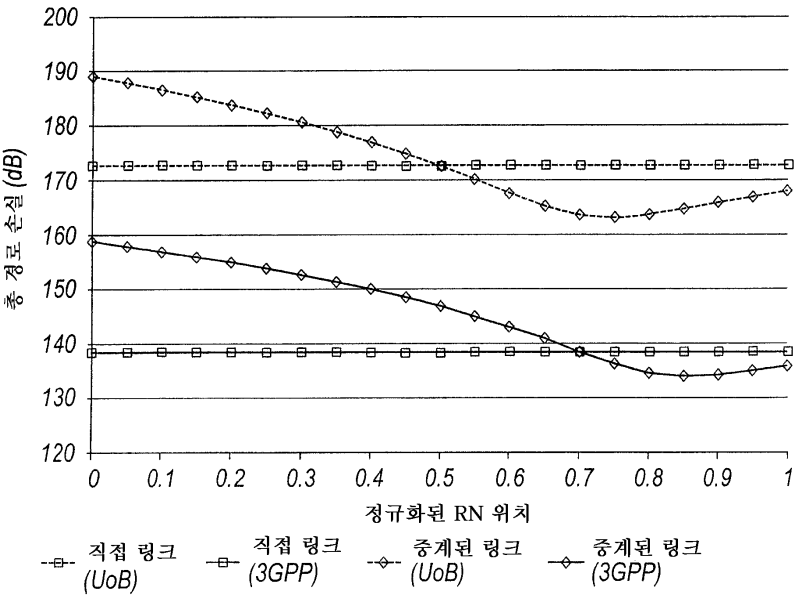
도면1b



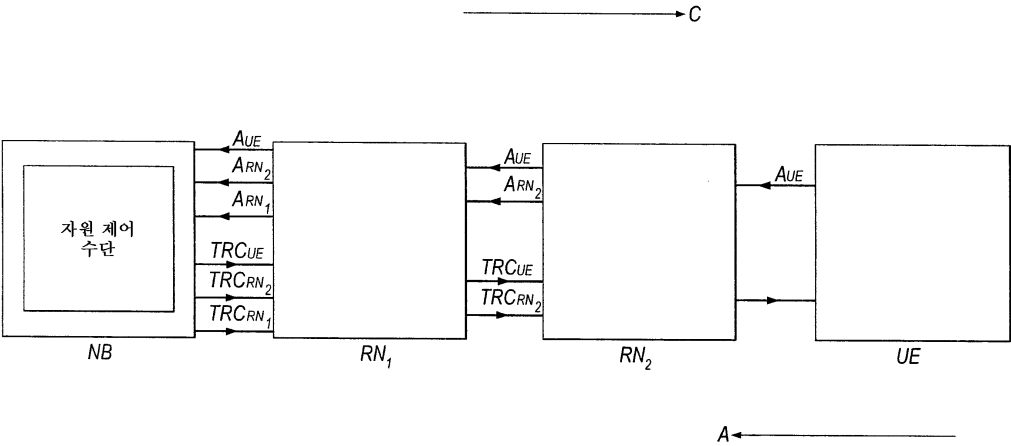
도면2a



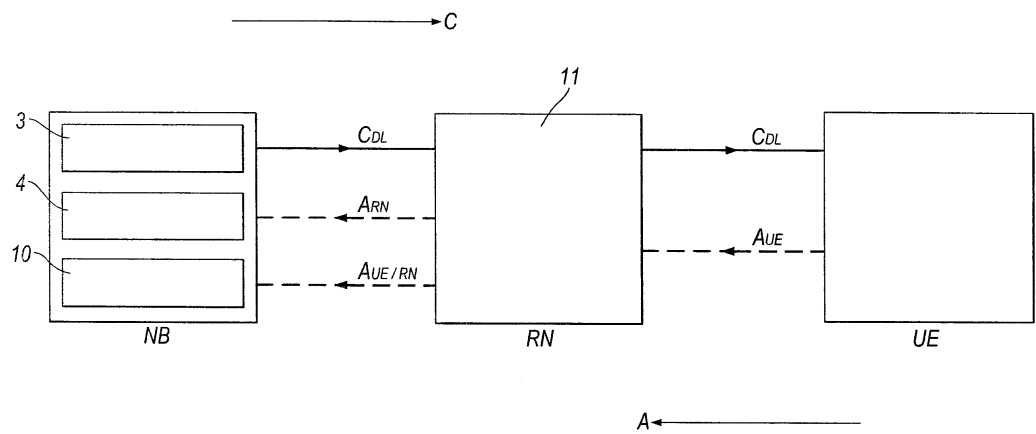
도면2b



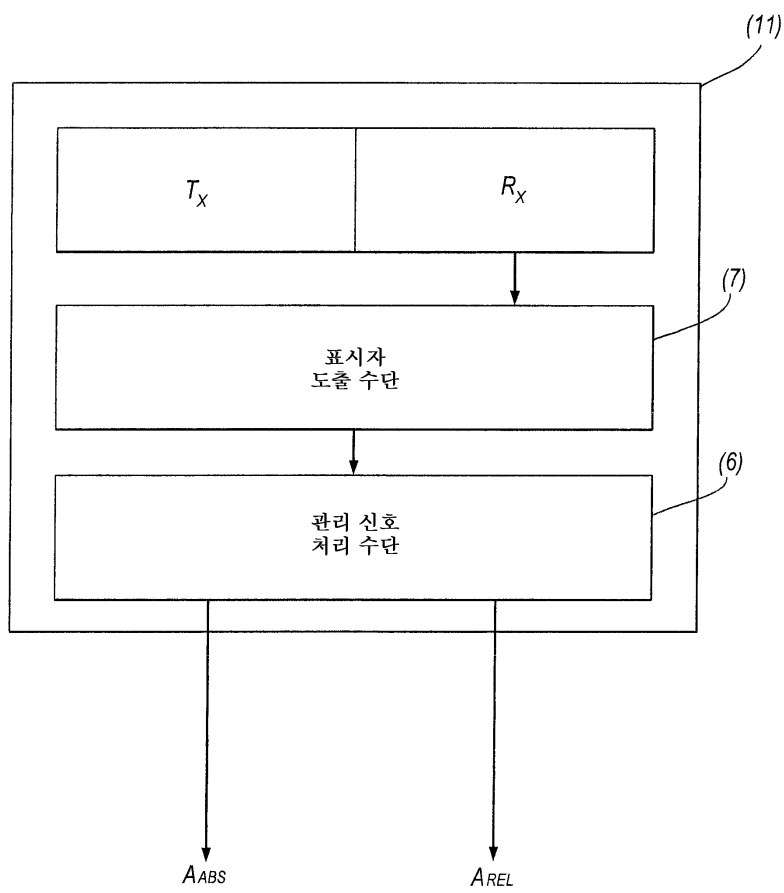
도면3



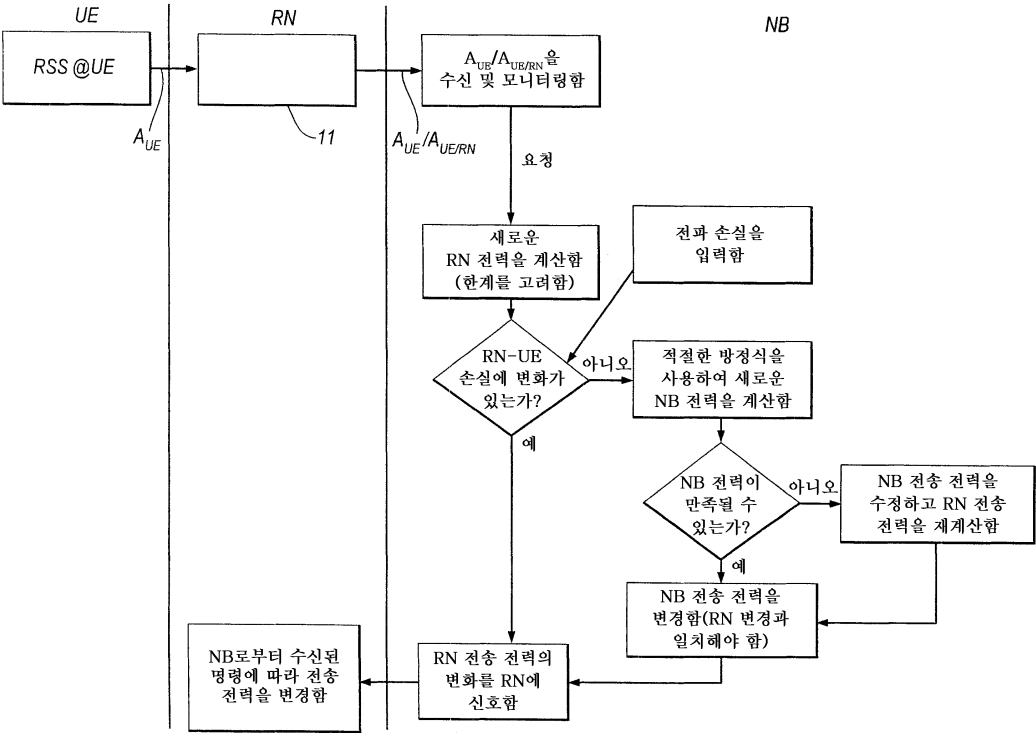
도면4



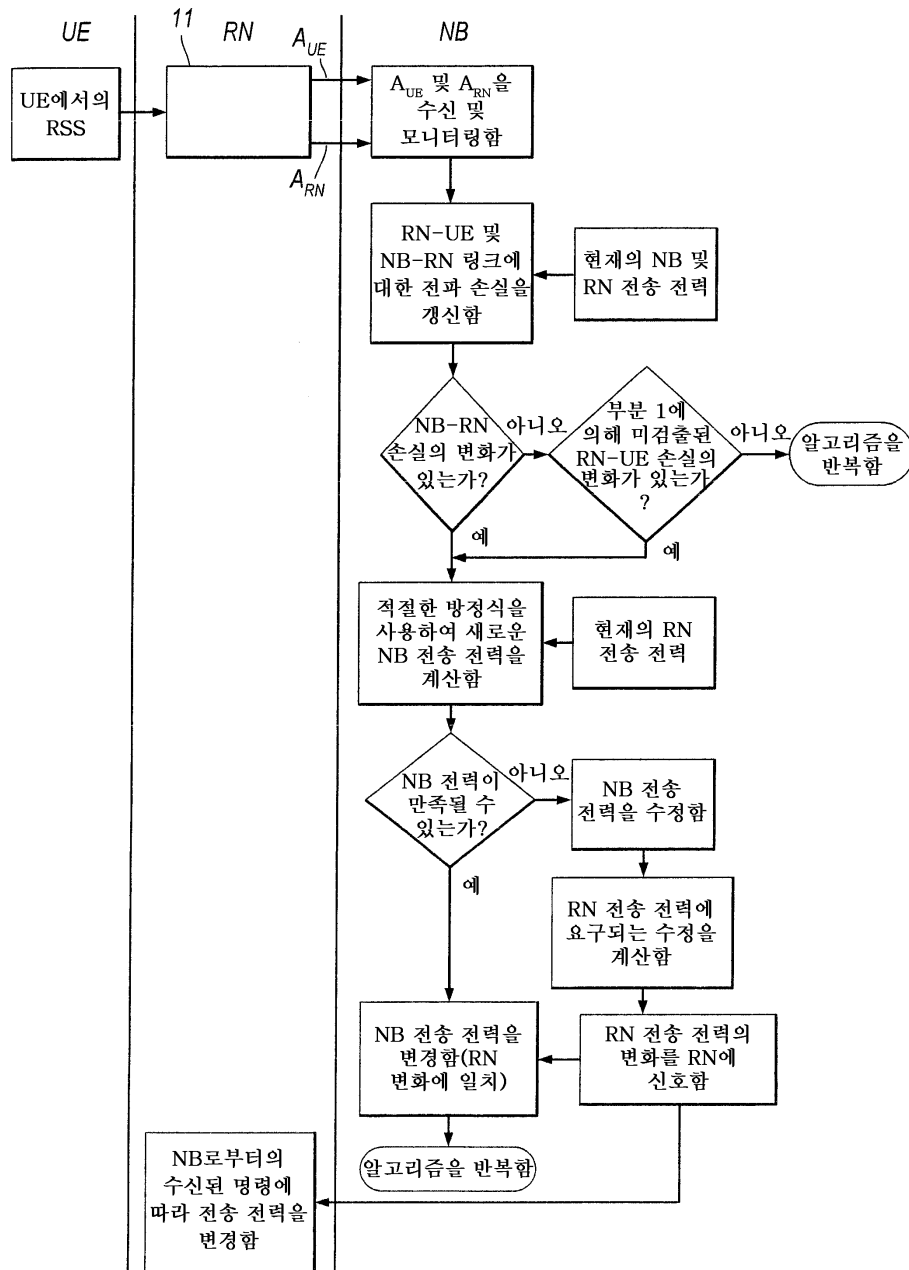
도면5



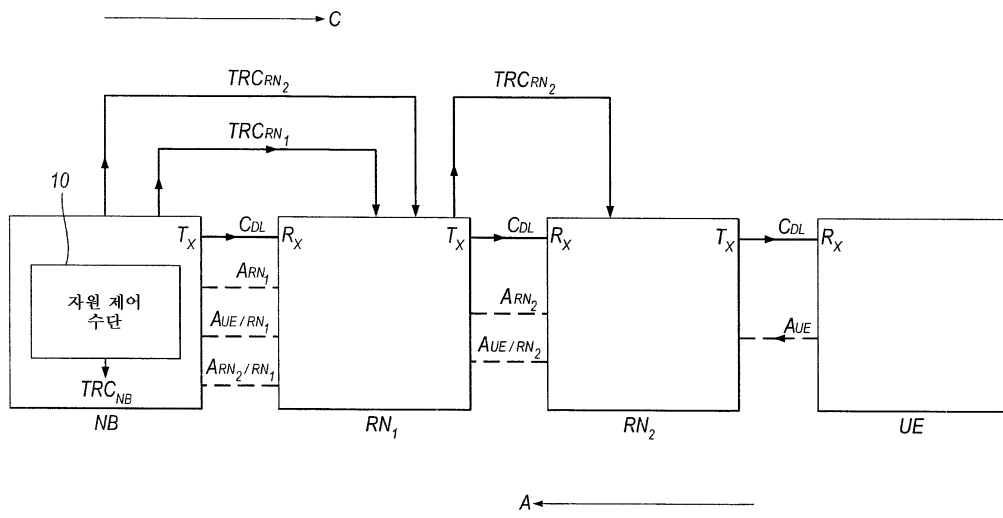
도면6



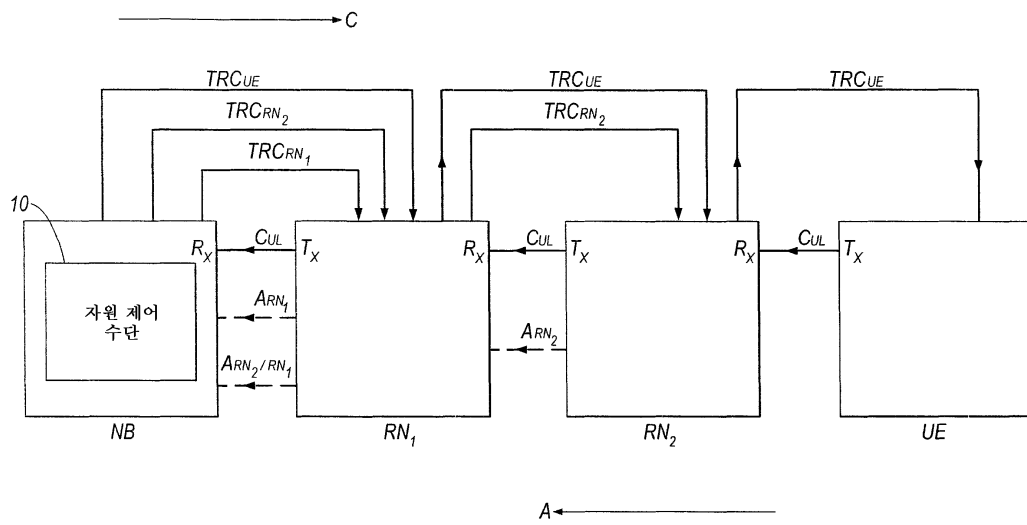
도면7



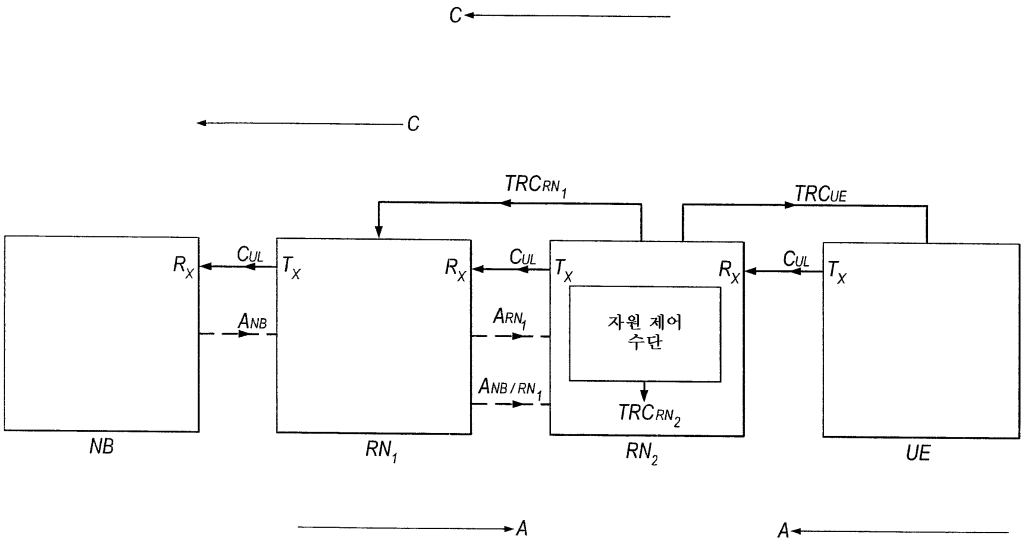
도면8



도면9

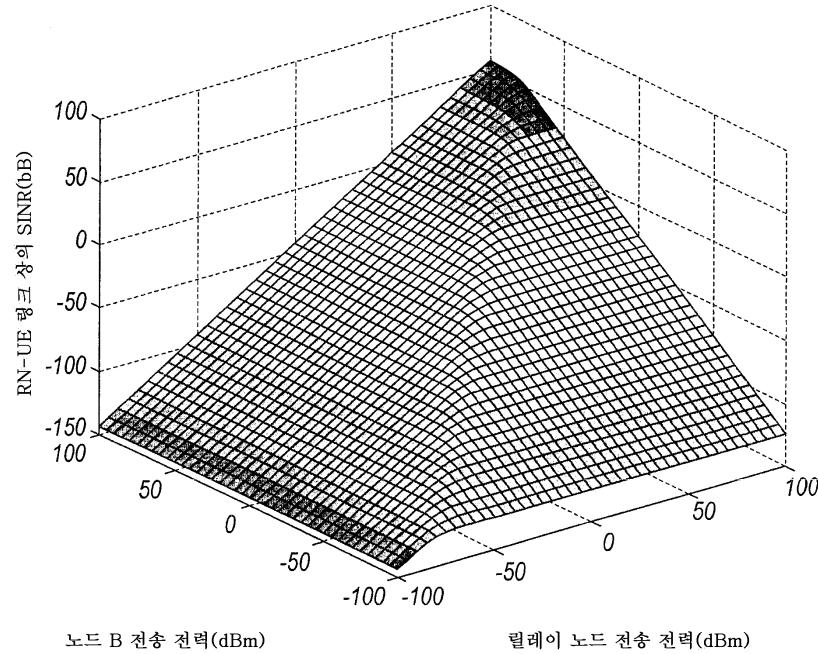


도면10



도면11a

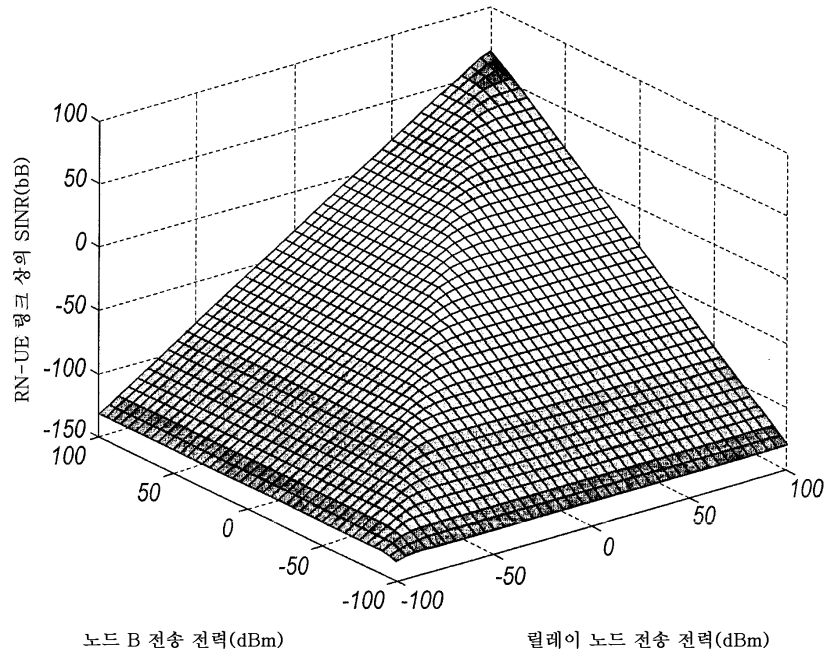
셀 반경의 0.5에 있는 RN에 대한 RN에 연결된 UE의 셀 경계에서의 SINR
(2 셀 분석)



RN이 0.5 셀 반경에 있는 상태에서 NB 및
RN 전송 전력의 함수인 UE에서의 SINR

도면11b

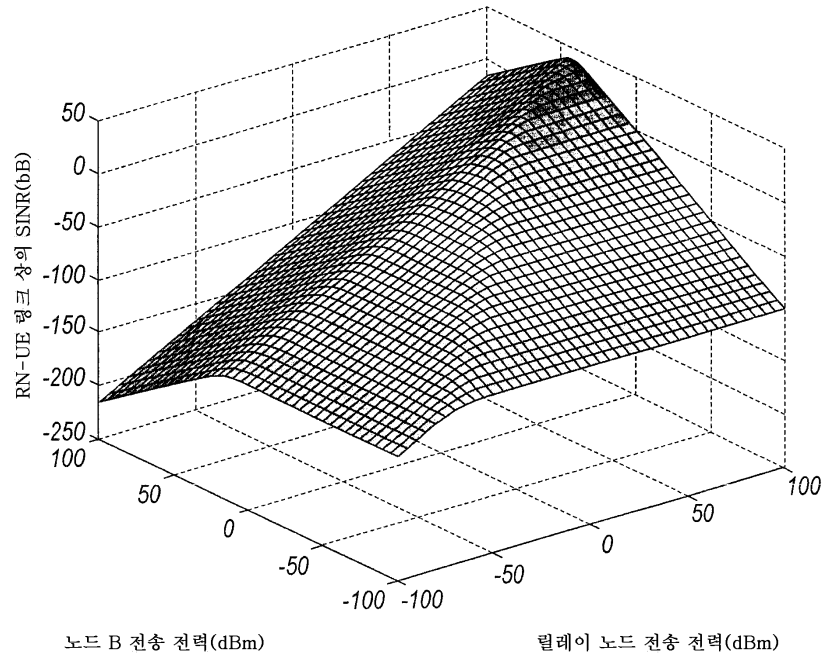
셀 반경의 0.75에 있는 RN에 대한 RN에 연결된 UE의 셀 경계에서의 SINR
(2 셀 분석)



RN이 0.75 셀 반경에 있는 상태에서 NB 및
RN 전송 전력의 함수인 UE에서의 SINR

도면12a

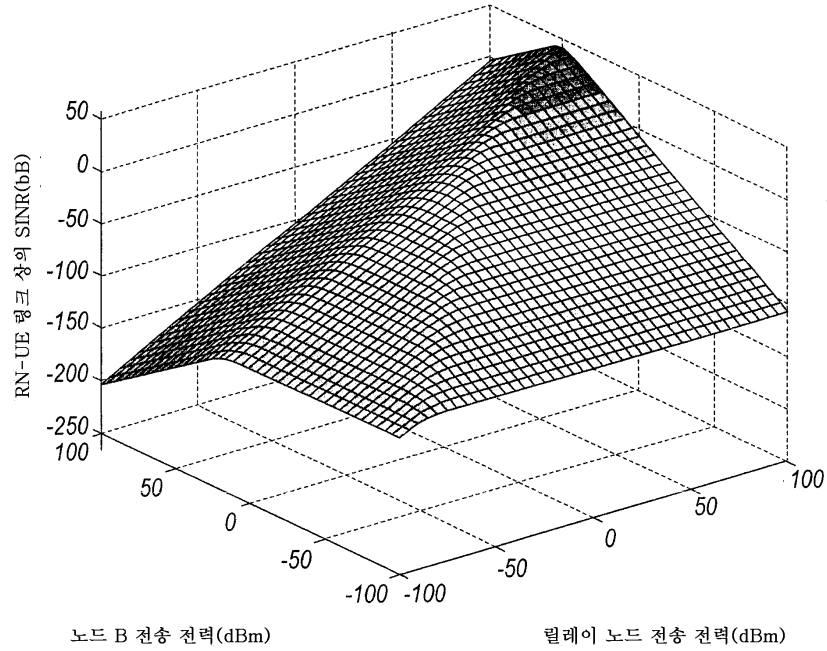
RN(RN이 1867 m의 셀 반경의 0.5에 있음)에 연결된 UE의
셀 경계에서의 SINR(TDD에서의 AF)



RN이 0.5 셀 반경에 있는 상태에서 NB 및
RN 전송 전력의 함수인 UE에서의 SINR

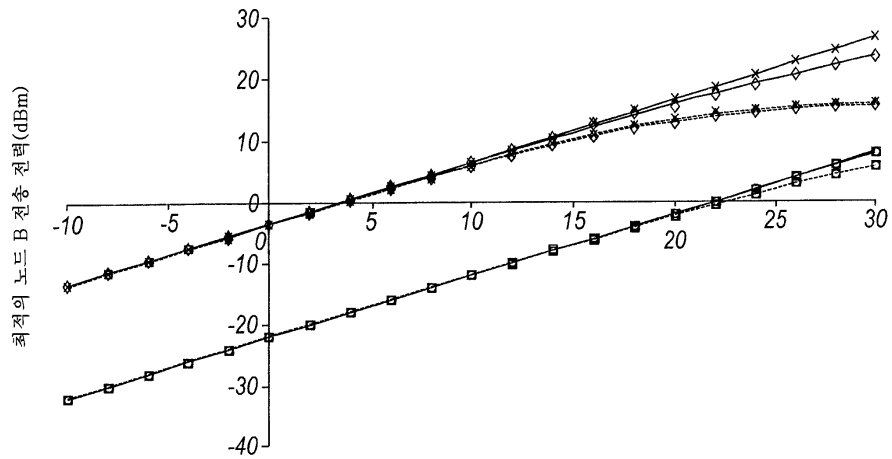
도면12b

RN(RN이 1867 m의 셀 반경의 0.75에 있음)에 연결된 UE의
셀 경계에서의 SINR(TDD에서의 AF)



RN이 0.75 셀 반경에 있는 상태에서 NB 및
RN 전송 전력의 함수인 UE에서의 SINR

도면13a

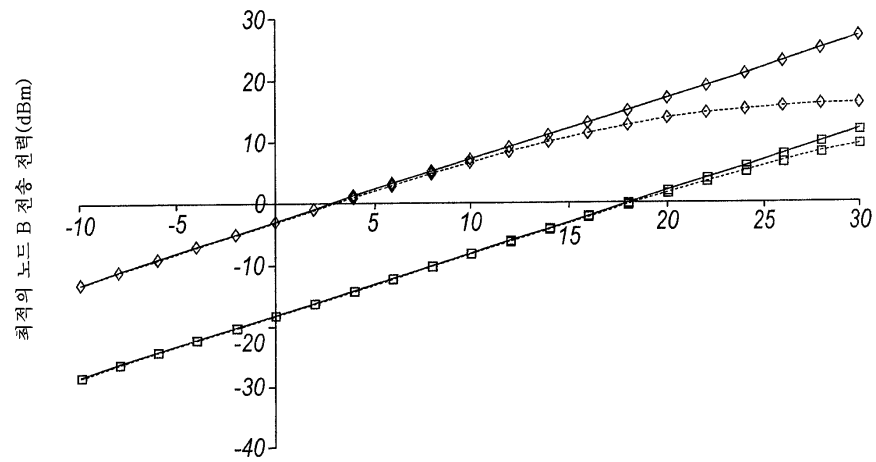


릴레이 노드 전송 전력(dBm)

- ◇— RN@1400m (TDD 1개 셀) —□— RN@933m (TDD 1개 셀)
- ◇--- RN@1400m (TDD 2개 셀) ---□--- RN@933m (TDD 2개 셀)
- x— RN@1400m (FDD 1개 셀) —○— RN@933m (FDD 1개 셀)
- x--- RN@1400m (FDD 2개 셀) ---○--- RN@933m (FDD 2개 셀)

각각의 배치 시나리오에 있어서 FDD 및 TDD에 대한
재생성 릴레이의 RN 전송 전력의 함수인 최적의 NB 전송 전력

도면13b

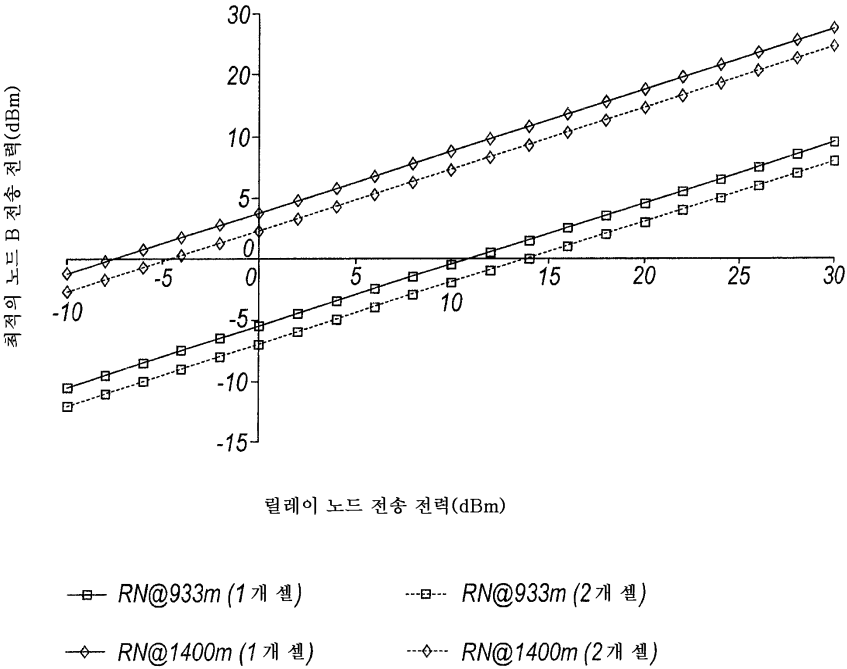


릴레이 노드 전송 전력(dBm)

—■— RN@933m (1 개 셀) - - - ■ - - RN@933m (2 개 셀)
 —◆— RN@1400m (1 개 셀) - - - ◆ - - RN@1400m (2 개 셀)

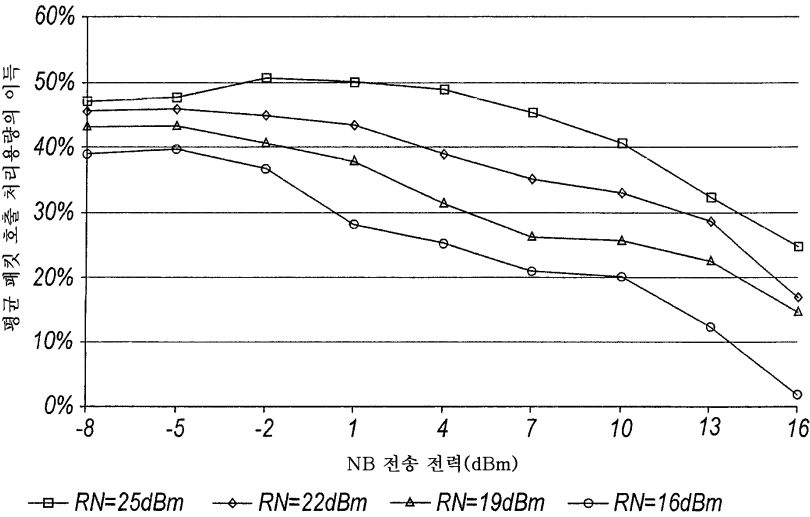
각각의 배치 시나리오에 있어서 FDD에 대한 비재생성 릴레이의
 RN 전송 전력 의 함수인 최적의 NB 전송 전력

도면13c



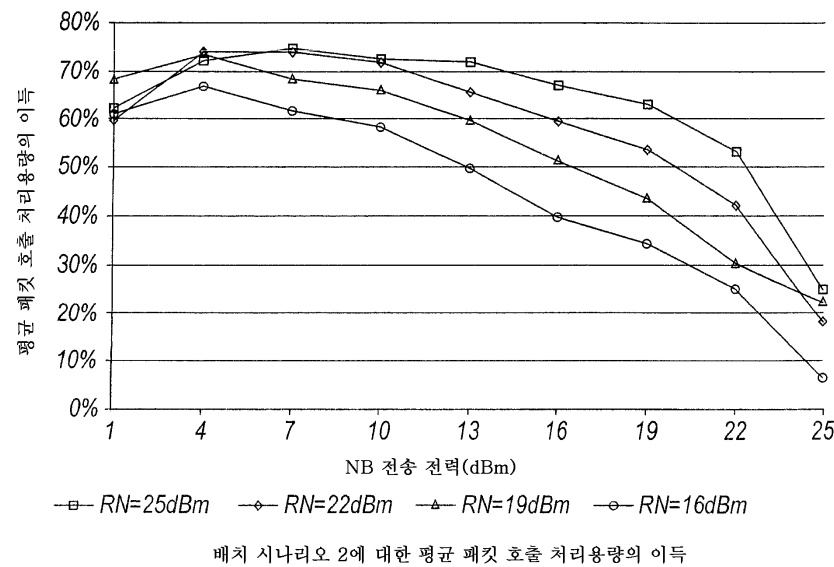
각각의 배치 시나리오에 있어서 FDD에 대한 비재생성 릴레이의
RN 전송 전력 의 함수인 최적의 NB 전송 전력

도면14a

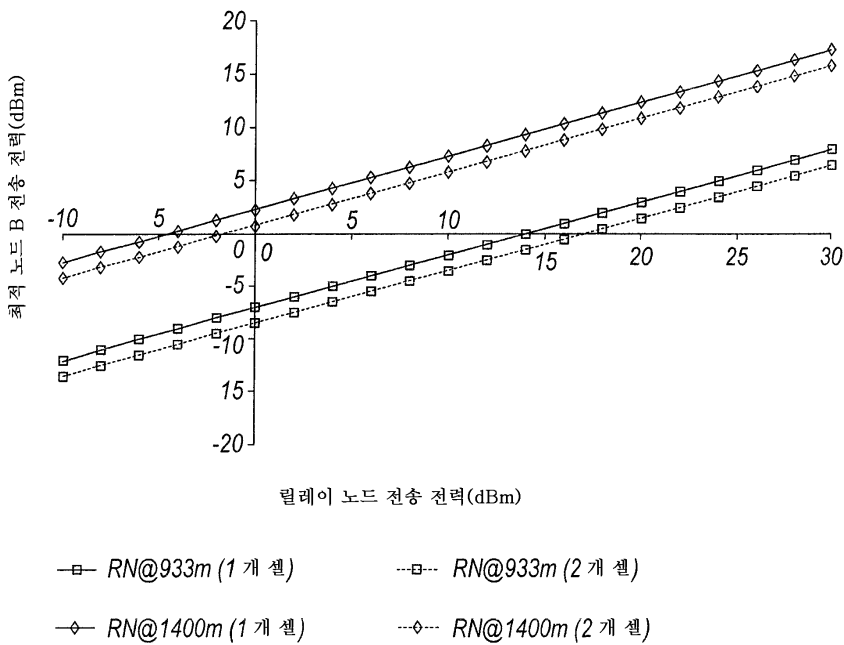


배치 시나리오 1에 대한 평균 패킷 호출 처리용량의 이득

도면14b



도면15



NB-UE 링크가 나머지 링크들과 비교하여 3dB 이득을 갖는 것으로 가정하는 경우,
각각의 배치 시나리오에 있어서 TDD에 대한 비재생성 릴레이의 RN 전송 전력의
함수인 최적의 NB 전송 전력