

NOVEDAD DE LA INVENCION

REIVINDICACIONES

1. Un satélite (503, 1202, 1502, 3403) para proporcionar comunicaciones entre una pluralidad de nodos de acceso (NS) (515) y una pluralidad de terminales de usuario (517), la pluralidad de NA se distribuyen geográficamente sobre un área de cobertura de NA (3450) y la pluralidad de terminales de usuario se distribuyen geográficamente sobre un área de cobertura de usuario (3460), el satélite comprende:

un subsistema de antenas del enlace de alimentador (3410) para iluminar el área de cobertura del nodo de acceso (NA), el subsistema de antenas del enlace de alimentador comprende un arreglo de elementos de transmisión constituyentes de enlace de alimentador cooperativos (3419) y un arreglo de elementos de recepción constituyentes de enlace de alimentador cooperativos (3416);

un subsistema de antenas de enlace de usuario (3420) para iluminar el área de cobertura de usuario, el subsistema de antenas de enlace de usuario comprende un arreglo de elementos de transmisión constituyentes de enlace de usuario cooperativos (3429) y un arreglo de elementos de recepción constituyentes de enlace de usuario cooperativos (3426);

una pluralidad de transpondedores de enlace directo (410, 3430) cada uno de los cuales se acopla entre uno de los elementos de recepción respectivo constituyentes de enlace de alimentador y uno de los elementos de transmisión respectivo constituyentes de enlace de usuario; y

una pluralidad de transpondedores de enlace de retorno (410, 3440), cada uno de los cuales se acopla entre uno de los elementos de recepción respectivo constituyentes de enlace de usuario y uno de los elementos de transmisión respectivo constituyentes de enlace de alimentador.

2. El satélite de la reivindicación 1, caracterizado además porque los transpondedores de enlace directo y los transpondedores de enlace de retorno son transpondedores de tubería doblada.

3. El satélite de la reivindicación 1 o 2, caracterizado además porque los transpondedores de enlace directo se acoplan a los elementos de recepción respectivos constituyentes de enlace de alimentador para crear señales de enlace descendente desde las superposiciones recibidas de una pluralidad de señales de enlace ascendente directo de haz ponderado de extremo a extremo sincronizadas en el tiempo recibidas de la pluralidad de NA.

4. El satélite de la reivindicación 3, caracterizado además porque la pluralidad de señales de enlace descendente directo transmitidas por los elementos de transmisión constituyentes de enlace de usuario se superponen para contribuir a la formación de una pluralidad de haces directos en el área de cobertura de usuario.

5. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 1 - 4, caracterizado además porque los transpondedores de enlace de retorno se acoplan a los elementos de recepción respectivos constituyentes de enlace de usuario para crear señales de enlace descendente de retorno desde las superposiciones respectivas de las señales de enlace ascendente de retorno recibidas desde al menos parte de la pluralidad de terminales de usuario.

6. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 1 - 5, caracterizado además porque cada transpondedor de enlace directo y cada transpondedor de enlace de retorno es un transpondedor de dos polos.

7. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 1 - 6, caracterizado además porque el subsistema de antenas de enlace de alimentador difiere del subsistema de antenas de enlace de usuario en cuanto al tamaño de la abertura.

8. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 1 - 7, caracterizado además porque el subsistema de antenas de enlace de alimentador y el subsistema de antenas de enlace de usuario funcionan en una misma banda de frecuencia.

9. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 1 - 8, caracterizado además porque:

cada transpondedor de enlace directo acepta una entrada en una primera banda de frecuencia y emite en una segunda banda de frecuencia;

cada transpondedor de enlace de retorno acepta una entrada en la segunda banda de frecuencia y emite en la primera banda de frecuencia.

10. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 1 - 9, caracterizado además porque el área de cobertura de usuario difiere del área de cobertura de NA.

11. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 1 - 10, caracterizado además porque el área de cobertura de NA es una única área de cobertura contigua.

12. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 1 - 11, caracterizado además porque el área de cobertura de NA es un subconjunto del área de cobertura de usuario.

13. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 1 - 12, caracterizado además porque el área de cobertura de NA es menor que la quinta parte del área de cobertura de usuario en el área física.

14. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 1 - 13, caracterizado además porque:

el subsistema de antenas de enlace de alimentador comprende, además, un reflector de enlace de alimentador (1521, 1621); y

el subsistema de antenas de enlace de usuario comprende, además, un reflector de enlace de usuario (1521, 1621).

15. El satélite de la reivindicación 14, caracterizado además porque el área física del reflector de enlace de alimentador es al menos cinco veces el área física del reflector de enlace de usuario.

16. El satélite de la reivindicación 1 - 15, caracterizado además porque el subsistema de antenas de enlace de usuario comprende un primer subsistema de antenas de enlace de usuario que tiene una primera área de cobertura de usuario correspondiente y un segundo subsistema de antenas de enlace de usuario que tiene una segunda área de cobertura de usuario.

17. El satélite de la reivindicación 16, caracterizado además porque:
cada transportador de enlace directo comprende un conmutador de enlace directo (4010);

el conmutador de enlace directo acopla un elemento de recepción respectivo constituyente de enlace de alimentador a los elementos de transmisión constituyentes de enlace de usuario del primer subsistema de antenas de enlace de usuario cuando el conmutador de enlace directo está en un primer modo de conmutador; y

el conmutador de enlace directo acopla uno de los elementos de recepción respectivos constituyentes de enlace de alimentador a uno de los elementos de transmisión respectivos constituyentes de enlace de usuario del segundo subsistema de antenas de enlace de usuario cuando el conmutador de enlace directo está en un segundo modo de conmutador.

18. El satélite de la reivindicación 16 o 17, caracterizado además porque:
cada transpondedor de enlace de retorno comprende un conmutador de enlace de retorno (4010);

cada conmutador de enlace de retorno acopla uno de los elementos de recepción respectivo constituyentes de enlace de usuario del primer subsistema de antenas de enlace de usuario a uno de los elementos de transmisión respectivos constituyentes de enlace de alimentador cuando el conmutador de enlace de retorno está en un primer modo de conmutador;
y

cada conmutador de enlace de retorno acopla uno de los elementos de recepción respectivo constituyentes de enlace de usuario del segundo

subsistema de antenas de enlace de usuario al elemento de transmisión respectivo constituyente de enlace de alimentador cuando el conmutador de enlace de retorno está en un segundo modo de conmutador.

19. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 16 - 18, caracterizado además porque una primera porción de la primera área de cobertura de usuario se superpone con la segunda área de cobertura de usuario, y una segunda porción de la primera área de cobertura de usuario no se superpone con la segunda área de cobertura de usuario.

20. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 16 - 19, caracterizado además porque la segunda área de cobertura de usuario es un subconjunto de la primera área de cobertura de usuario.

21. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 16 - 19, caracterizado además porque la primera área de cobertura de usuario no se superpone con la segunda área de cobertura de usuario.

22. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 16 - 21, caracterizado además porque la pluralidad de elementos de transmisión constituyentes de enlace de usuario comprende una primera pluralidad de elementos de transmisión constituyentes para iluminar la primera área de cobertura de usuario y una segunda pluralidad de elementos de transmisión constituyentes para iluminar la segunda área de cobertura de usuario.

23. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 16 - 22, caracterizado además porque:

el primer subsistema de antenas de enlace de usuario comprende un primer reflector de enlace de usuario para iluminar la primera área de cobertura de usuario; y

el segundo subsistema de antenas de enlace de usuario comprende un segundo reflector de enlace de usuario para iluminar la segunda área de cobertura de usuario.

24. El satélite de la reivindicación 23, caracterizado además porque el primer reflector de enlace de usuario y el segundo reflector de enlace de usuario tienen aproximadamente una misma área física.

25. El satélite de la reivindicación 23 o 24, caracterizado además porque:

cada transpondedor de enlace directo tiene un lado de transmisión acoplado selectivamente a un primer y segundo alimentadores de transmisión de enlace de usuario respectivos, cada primer alimentador de transmisión de enlace de usuario respectivo se posiciona para iluminar el primer reflector de enlace de usuario, y cada segundo alimentador de transmisión de enlace de usuario

respectivo se posiciona para iluminar el segundo reflector de enlace de usuario;
y

cada transpondedor de enlace de retorno tiene un lado de recepción acoplado selectivamente a un primer y segundo alimentadores de recepción de enlace de usuario respectivos, cada primer alimentador de recepción de enlace de usuario respectivo se posiciona para iluminar el primer reflector de enlace de usuario, y cada segundo alimentador de recepción de enlace de usuario respectivo se posiciona para iluminar el segundo reflector de enlace de usuario.

26. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 1 - 25, caracterizado además porque:

el reflector de enlace de alimentador es un primer reflector de enlace de alimentador;

el área de cobertura de NA es una primera área de cobertura de NA;

el subsistema de antenas de enlace de alimentador comprende, además, un segundo reflector de enlace de alimentador para iluminar una segunda un área de cobertura de NA; y

caracterizado además porque una primera porción de la pluralidad de NA se distribuye geográficamente sobre la primera área de cobertura de NA y una segunda porción de la pluralidad de NA se distribuye geográficamente sobre la segunda área de cobertura de NA.

27. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 1 - 26, caracterizado además porque los elementos de recepción constituyentes de enlace de alimentador y los elementos de transmisión de enlace de alimentador se implementan como elementos dúplex de la antena.

28. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 1 - 27, caracterizado además porque los elementos de recepción constituyentes de enlace de usuario y los elementos de transmisión constituyentes de enlace de usuario se implementan como elementos dúplex de la antena.

29. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 1 - 28, caracterizado además porque el subsistema de antenas de enlace de usuario comprende, además, un arreglo de antenas de recepción de enlace de usuario y un arreglo de antenas de transmisión de enlace de usuario.

30. El satélite de la reivindicación 29, caracterizado además porque:

la pluralidad de elementos de recepción constituyentes de enlace de usuario se asocia a un reflector de recepción de enlace de usuario con un primer rango de frecuencia;

la pluralidad de elementos de transmisión constituyentes de enlace de usuario ilumina un reflector de transmisión de enlace de usuario con un segundo rango de frecuencia; y

el reflector de recepción de enlace de usuario y el reflector de transmisión de enlace de usuario se dimensionan cada uno para iluminar una misma área de cobertura de usuario con el primer y segundo rangos de frecuencia, respectivamente.

31. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 1 - 30, que comprende, además, un generador de baliza (426).

32. Un método de formación de haces de extremo a extremo a través de un relé de extremo a extremo (503, 1202, 1502, 3403) que proporciona comunicaciones entre una pluralidad de nodos de acceso (NA) (515) y una pluralidad de terminales de usuario (517), el método comprende:

recibir las señales directas de entrada compuestas (545) que son superposiciones de una pluralidad de señales de enlace ascendente directo (521) mediante una pluralidad de elementos de recepción constituyentes de enlace de alimentador cooperativos de la pluralidad de NA geográficamente distribuidos sobre un área de cobertura de AN,

generar una pluralidad de señales de enlace descendente directo (522) de las señales directas de entrada compuesta; y

transmitir la pluralidad de señales de enlace descendente directo mediante una pluralidad de elementos de transmisión constituyentes de enlace de usuario cooperativos, caracterizado porque las señales de enlace descendente directo se transmiten a una pluralidad de terminales de usuario distribuidos geográficamente sobre un área de cobertura de usuario al menos parcialmente distinta del área de cobertura de NA.

33. El método de la reivindicación 32, caracterizado además porque la transmisión contribuye a la formación de una pluralidad de haces directos de usuario en el área de cobertura de usuario.

34. El método de la reivindicación 32 o 33, que comprende, además:

recibir las señales de enlace ascendente de retorno (525) mediante una pluralidad de elementos de recepción constituyentes de enlace de usuario cooperativos desde al menos parte de la pluralidad de terminales de usuario; generar una pluralidad de señales de enlace descendente de retorno (527) desde las señales de enlace ascendente de retorno recibidas; y

transmitir la pluralidad de señales de enlace descendente de retorno mediante una pluralidad de elementos de transmisión constituyentes de enlace de alimentador cooperativos a la pluralidad de NA.

35. El método de la reivindicación 34, que comprende, además:
recibir las superposiciones (1706) de una pluralidad de señales de enlace descendente de retorno (527) mediante la pluralidad de NA de la pluralidad de elementos de transmisión constituyentes de enlace de alimentador cooperativos para formar las señales de retorno compuestas (907);
combinar las señales de retorno compuestas en un formador de haz de retorno para contribuir a la formación de una pluralidad de haces de retorno de usuario en el área de cobertura de usuario.
36. El método de la reivindicación 35, que comprende, además:
ponderar las señales de retorno compuestas en el formador de haz antes de la combinación de conformidad con las ponderaciones del haz de retorno (937).
37. El método de la reivindicación 35 o 36, que comprende, además:
sincronizar las señales de retorno compuestas antes de la combinación para tener en cuenta al menos las diferencias en la demora del trayecto respectivas entre el relé de extremo a extremo y la pluralidad de NA.
38. El método de la reivindicación 37, que comprende, además:
recibir una señal de baliza de relé mediante al menos parte de la pluralidad de NA desde el relé extremo a extremo,
caracterizado además porque la sincronización se logra de conformidad con la señal de la baliza de relé.
39. El método de cualquiera de las reivindicaciones 35 - 38, caracterizado además porque la recepción de las señales de enlace ascendente de retorno comprende:

recibir en primer lugar las primeras señales de enlace ascendente de retorno, durante un primer intervalo de tiempo, mediante la pluralidad de elementos de recepción constituyentes de enlace de usuario cooperativos de una primera porción de la pluralidad de terminales de usuario distribuidos geográficamente sobre una primera área de cobertura de usuario; y

recibir en segundo lugar las segundas señales de enlace ascendente de retorno, durante un segundo intervalo de tiempo, mediante la pluralidad de elementos de recepción constituyentes de enlace de usuario cooperativos de

una segunda porción de la pluralidad de terminales de usuario distribuidos geográficamente sobre una segunda área de cobertura de usuario.

40. El método de la reivindicación 39, caracterizado además porque el área de cobertura de NA es un subconjunto de la primera área de cobertura de usuario, y comprende, además: calibrar la pluralidad de NA con el relé de extremo a extremo durante el primer período de tiempo.

41. El método de la reivindicación 40, caracterizado además porque la segunda área de cobertura de usuario no se superpone con el área de cobertura de NA.

42. El método de la reivindicación 41, caracterizado además porque: durante el primer intervalo de tiempo, las señales de enlace ascendente directo se reciben mediante el uso de un primer rango de frecuencia, y las señales de enlace ascendente de retorno se reciben mediante el uso de un segundo rango de frecuencia diferente al primer rango de frecuencia; y durante el segundo intervalo de tiempo, las señales de enlace ascendente directo y las señales de enlace ascendente de retorno se reciben mediante el uso del mismo rango de frecuencia.

43. El método de cualquiera de las reivindicaciones 34 - 42, caracterizado además porque:

las señales de enlace ascendente directo se reciben mediante el uso de una primera banda de frecuencia;

las señales de enlace descendente de retorno se transmiten mediante el uso de una segunda primera banda de frecuencia diferente a la primera banda de frecuencia;

las señales de enlace ascendente de retorno se reciben mediante el uso de la primera banda de frecuencia; y

las señales de enlace descendente directo se transmiten mediante el uso de la segunda banda de frecuencia.

44. El método de cualquiera de las reivindicaciones 34 - 43, que comprende, además:

transmitir las señales de enlace ascendente de retorno desde al menos parte de la pluralidad de terminales de usuario a la pluralidad de elementos de recepción constituyentes de enlace de usuario.

45. El método de cualquiera de las reivindicaciones 32 - 44, que comprende, además:

recibir una superposición espacial (551) de la pluralidad de señales de enlace descendente directo mediante una de las terminales de usuario de los elementos de transmisión constituyentes de enlace de usuario.

46. El método de cualquiera de las reivindicaciones 32 - 45, que comprende,

además:

transmitir las señales de enlace ascendente directo mediante la pluralidad de NA a la pluralidad de elementos de recepción constituyentes de enlace de alimentador.

47. El método de la reivindicación 46, que comprende, además:

determinar un ajuste de la temporización relativo respectivo (2524, 2527, 2540) para cada una de la pluralidad de NA, de manera que las transmisiones asociadas de la pluralidad de NA alcancen el relé de extremo a extremo sustancialmente en sincronía, caracterizado además porque las señales de enlace ascendente directo se transmiten mediante la pluralidad de NA de conformidad con los ajustes de sincronización relativos respectivos.

48. El método de la reivindicación 47, que comprende, además:

recibir una señal de baliza de relé por al menos parte de la pluralidad de NA desde el relé extremo a extremo, caracterizado además porque los ajustes de temporización relativos respectivos se determinan al menos en parte de conformidad con la señal de la baliza de relé.

49. El método de la reivindicación 47 o 48, que comprende, además:

recibir transmisiones de lazo invertido mediante al menos parte de la pluralidad de NA desde el relé extremo a extremo, caracterizado además porque los ajustes de temporización relativos respectivos se determinan al menos en parte de conformidad con las transmisiones de lazo invertido.

50. El método de cualquiera de las reivindicaciones 32 - 49, caracterizado además porque el área de cobertura de usuario difiere del área de cobertura de NA.

51. El método de cualquiera de las reivindicaciones 32 - 50, caracterizado además porque el área de cobertura de NA es una única área de cobertura contigua.

52. El método de cualquiera de las reivindicaciones 32 - 51, caracterizado además porque:

una primera porción del área de cobertura de usuario se superpone con el área de cobertura de NA; y

una segunda porción del área de cobertura de usuario no se superpone con el área de cobertura de NA.

53. El método de la reivindicación 52, caracterizado además porque el área de cobertura de NA es un subconjunto del área de cobertura de usuario, y el área de cobertura de NA es menor que la quinta parte del área de cobertura de usuario en el área física.

54. El método de cualquiera de las reivindicaciones 32 - 53, caracterizado además porque la transmisión comprende:

transmitir en primer lugar una primera pluralidad de señales de enlace descendente directo mediante una primera pluralidad de elementos de alimentación de transmisión constituyentes de enlace de usuario hacia una primera pluralidad de terminales de usuario distribuidos geográficamente sobre una primera área de cobertura de usuario (3460a); y

transmitir en segundo lugar una segunda pluralidad de señales de enlace descendente directo mediante una segunda pluralidad de elementos de alimentación de transmisión constituyentes de enlace de usuario hacia una segunda pluralidad de terminales de usuario distribuidos geográficamente sobre una segunda área de cobertura de usuario (3460b).

55. El método de la reivindicación 54, caracterizado además porque la primera transmisión y la segunda transmisión se realizan en diferentes momentos.

56. El método de la reivindicación 54 o 55, caracterizado además porque:

la primera transmisión comprende iluminar la primera área de cobertura de usuario con una primera pluralidad de haces de usuario; y

la segunda transmisión comprende iluminar la segunda área de cobertura de usuario con una segunda pluralidad de haces de usuario,

de manera que, durante un primer momento, la primera pluralidad de haces de usuario está activa, y la segunda pluralidad de haces de usuario está inactiva, y

de manera que, durante un segundo momento, la segunda pluralidad de haces de usuario está activa, y la primera pluralidad de haces de usuario está inactiva.

57. El método de cualquiera de las reivindicaciones 54 - 56, caracterizado además porque una primera porción de la primera área de cobertura de usuario se superpone con la segunda área de cobertura de usuario, y una segunda porción de la primera área de cobertura de usuario no se superpone con la segunda área de cobertura de usuario.

58. El método de la reivindicación 57, caracterizado además porque la segunda área de cobertura de usuario es un subconjunto de la primera área de cobertura de usuario.

59. El método de cualquiera de las reivindicaciones 54 - 56, caracterizado además porque la primera área de cobertura de usuario no se superpone con la segunda área de cobertura de usuario.

60. Un sistema de formación de haces de extremo a extremo (500, 1200, 3400), que comprende:

una pluralidad de nodos de acceso distribuidos geográficamente (515) cada uno de los cuales tiene una salida de señal de enlace ascendente directo de extremo a extremo de haz ponderado; y

un relé de extremo a extremo (503, 1202, 1502, 3403) que comprende:

un arreglo de elementos de recepción constituyentes de enlace de alimentador cooperativos (406, 3416), en comunicación inalámbrica con los nodos de acceso distribuidos;

una matriz de elementos de transmisión constituyentes de enlace de usuario cooperativos (409, 3429) en comunicación inalámbrica con una pluralidad de terminales de usuario; y

una pluralidad de transpondedores de tubería doblada de enlace directo (410, 3430), cada uno de los cuales se acopla entre uno de los elementos de recepción respectivos constituyentes de enlace de alimentador y uno de los elementos de transmisión respectivos constituyentes de enlace de usuario, de manera que la recepción de las superposiciones de una pluralidad de señales de enlace ascendente directo de haz ponderado por medio de los elementos de recepción constituyentes de enlace de alimentador forma señales de enlace descendente directo en los transpondedores de tubería doblada de enlace directo, y la transmisión de señales de enlace descendente directo mediante los elementos de transmisión constituyentes de enlace de usuario contribuye a formar un haz directo de usuario que presta servicio a al menos parte de la pluralidad de terminales de usuario.

61. El sistema de formación de haces de relé de extremo a extremo de la reivindicación 60, caracterizado además porque el relé de extremo a extremo comprende, además:

un subsistema de antenas de enlace de alimentador (3410) que tiene un área de cobertura de nodo de acceso del correspondiente dentro de la cual se ubica la pluralidad de nodos de acceso distribuidos, el subsistema de antenas de enlace de alimentador comprende el arreglo de elementos de recepción constituyentes de enlace de alimentador cooperativos; y

un subsistema de antenas de enlace de usuario (3420), que tiene un área de cobertura de usuario correspondiente dentro de la cual la pluralidad de terminales de usuario se distribuye geográficamente, el subsistema de antenas de enlace de usuario comprende el arreglo de elementos de transmisión constituyentes de enlace de usuario cooperativos, caracterizado además porque el área de cobertura del nodo de acceso es distinta del área de cobertura de usuario.

62. El sistema de formación de haces de relé de extremo a extremo de la reivindicación 61, caracterizado además porque:

el subsistema de antenas de enlace de alimentador comprende, además, un reflector de enlace de alimentador (1521, 1621); y

el subsistema de antenas de enlace de usuario comprende, además, un reflector de enlace de usuario (1521, 1621).

63. El sistema de formación de haces de relé de extremo a extremo de cualquiera de las reivindicaciones 60 - 62, que comprende, además:

la pluralidad de terminales de usuario (517), cada uno de los cuales está en comunicación inalámbrica con el arreglo de elementos de transmisión constituyentes de enlace de usuario cooperativos para recibir una superposición espacial de las señales de enlace descendente directo transmitidas por los elementos de transmisión constituyentes de enlace de usuario.

64. El sistema de formación de haces de relé de extremo a extremo de cualquiera de las reivindicaciones 60 - 63, que comprende, además:

un formador de haz directo (513, 529, 3006) que comprende:

una entrada de la señal de haz directo; y

una pluralidad de salidas de la señal de enlace ascendente directo de haz ponderado de extremo a extremo en comunicación con la pluralidad de nodos de acceso distribuidos, las salidas de la señal de enlace ascendente directo de haz ponderado de extremo a extremo corresponden a las ponderaciones respectivas de la entrada de la señal de haz directo de conformidad con un conjunto de ponderaciones de haz directo de extremo a extremo.

65. El sistema de formación de haces de relé de extremo a extremo de la reivindicación 64, que comprende, además:

una red de distribución (518) acoplada entre el formador de haz directo y la pluralidad de nodos de acceso distribuidos.

66. El sistema de formación de haces de relé de extremo a extremo de cualquiera de las reivindicaciones 60 - 65, caracterizado además porque el relé de extremo a extremo comprende, además:

un arreglo de elementos de transmisión constituyentes de enlace de alimentador cooperativos (409, 3419) en comunicación inalámbrica con los nodos de acceso distribuidos;

un arreglo de elementos de recepción constituyentes de enlace de usuario (406, 3426) en comunicación inalámbrica con las terminales de usuario; y

una pluralidad de transpondedores de tubería doblada de enlace de retorno (410, 3440), cada uno de los cuales se acopla entre uno de los elementos de recepción respectivos constituyentes de enlace de usuario y uno de los elementos de transmisión respectivos constituyentes de enlace de alimentador, de manera que la recepción de las señales de enlace ascendente de retorno a través del arreglo de elementos de recepción constituyentes de enlace de usuario cooperativos forma señales de enlace descendente de retorno en los transpondedores de tubería doblada de enlace de retorno.

67. El sistema de formación de haces de relé de extremo a extremo de la reivindicación 66, caracterizado además porque la pluralidad de terminales de usuario están cada una en comunicación inalámbrica con el arreglo de elementos de recepción constituyentes de enlace de usuario cooperativos para transmitir una señal de enlace ascendente de retorno respectiva hacia múltiples elementos de recepción constituyentes de enlace de usuario.

68. El sistema de formación de haces de relé de extremo a extremo de la reivindicación 66 o 67, que comprende, además, un formador de haz de retorno (513, 531, 3016), caracterizado además porque el formador de haz de retorno comprende:

una pluralidad de entradas de señal del haz de retorno, cada uno de los cuales está en comunicación con un nodo respectivo de la pluralidad de nodos de acceso distribuidos para recibir una superposición respectiva (1706) de una pluralidad de señales de enlace descendente de retorno según se recibe por el nodo de acceso distribuido; y

una salida de señal de retorno de haz ponderado de extremo a extremo que corresponde a una combinación de las superposiciones de las señales de enlace descendente de retorno ponderadas de conformidad con un conjunto de ponderaciones del haz de retorno de extremo a extremo.

69. El sistema de formación de haces de relé de extremo a extremo de la reivindicación 68, que comprende, además, un generador de ponderación de haz (910, 917, 935) acoplado al formador de haz directo y al formador de haz de retorno.

70. El sistema de formación de haces de relé de extremo a extremo de cualquiera de las reivindicaciones 66 - 69, caracterizado además porque:

cada transpondedor de tubería doblada de enlace directo acepta una entrada en una primera banda de frecuencia y emite en una segunda banda de frecuencia;

y

cada transpondedor de tubería doblada de enlace de retorno acepta una entrada en la segunda banda de frecuencia y emite en la primera banda de frecuencia.

71. El sistema de formación de haces de relé de extremo a extremo de la reivindicación 60 - 70, caracterizado además porque el arreglo de elementos de transmisión constituyentes de enlace de usuario cooperativos (3429a) están en comunicación inalámbrica con una primera pluralidad de terminales de usuario distribuidos geográficamente sobre una primera área de cobertura de usuario; y comprende, además: un segundo arreglo de elementos de transmisión constituyentes de enlace de usuario cooperativos (3429b) en comunicación inalámbrica con una segunda pluralidad de terminales de usuario distribuidos geográficamente sobre una segunda área de cobertura de usuario.

72. El sistema de formación de haces de relé de extremo a extremo de la reivindicación 71, caracterizado además porque cada transpondedor de tubería doblada de enlace directo tiene un lado de entrada y un lado de salida, y el lado de entrada se acopla a uno de los elementos de recepción respectivos constituyentes de enlace de alimentador, y el lado de salida comprende un conmutador (4010) para acoplar selectivamente: uno del primer arreglo respectivo de elementos de transmisión constituyentes de enlace de usuario cooperativos a uno del segundo arreglo respectivo de elementos de transmisión constituyentes de enlace de usuario cooperativos.

73. El sistema de formación de haces de relé de extremo a extremo de la reivindicación 60 - 72, caracterizado además porque:

el relé de extremo a extremo comprende, además, un generador de señal de baliza (426); y

al menos parte de la pluralidad de nodos de acceso distribuidos comprende un receptor de señal de baliza,

de manera que la pluralidad de nodos de acceso distribuidos está en comunicación inalámbrica sincronizada en el tiempo con la pluralidad de elementos de recepción constituyentes de enlace de alimentador de conformidad con una señal de baliza de relé transmitida por el generador de señal de baliza.

74. Un sistema (500, 1200, 3400) para formar una pluralidad de haces directos de usuario mediante el uso de la formación de haces de extremo a extremo, el sistema comprende:

medios para transmitir (502) una pluralidad de señales de enlace ascendente directo desde una pluralidad de ubicaciones geográficamente distribuidas, caracterizado porque la pluralidad de señales de enlace ascendente directos se forma desde una combinación ponderada de una pluralidad de señales de haz de usuario, y caracterizado porque cada señal de haz de usuario corresponde a uno y solo un haz de usuario; y
medios para retransmitir (1502, 3403) la pluralidad de señales de enlace ascendente directo para formar una pluralidad de señales de enlace descendente directo, caracterizado porque cada señal de enlace descendente directo se forma mediante la amplificación de una superposición única de la pluralidad de señales de enlace ascendente directo, y caracterizado porque la pluralidad de señales de enlace descendente directo se superpone para formar la pluralidad de haces de usuario, caracterizado porque cada señal de haz de usuario es dominante dentro del haz de usuario correspondiente.

75. El sistema de la reivindicación 74, que comprende, además:
una primera terminal de usuario (517) configurado para recibir una primera superposición de la pluralidad de señales de enlace descendente directo y extraer una primera señal de la pluralidad de señales de haz de usuario.
76. El sistema de la reivindicación 75, que comprende, además:
una segunda terminal de usuario (517) configurado para recibir una segunda superposición de la pluralidad de señales de enlace descendente directo y extraer una segunda señal de la pluralidad de señales de haz usuario, caracterizado además porque la primera terminal de usuario se ubica dentro de un primer haz de usuario, y la segunda terminal de usuario se ubica dentro de un segundo haz de usuario.

77. Un método para la formación de haces de extremo a extremo mediante el uso de un relé de extremo a extremo (503, 1202, 1502, 3403), el método comprende:
calcular las ponderaciones del haz directo (918) para una pluralidad de canales de múltiples trayectos directos de extremo a extremo (2208) que acoplan una pluralidad de nodos de acceso distribuidos geográficamente a una terminal de usuario en un área de cobertura del haz directo de usuario (519) por medio de una pluralidad de transpondedores de relé de extremo a extremo, cada canal de múltiples trayectos directo de extremo a extremo tiene múltiples trayectos inducidos por los transpondedores;

generar una pluralidad de señales de enlace ascendente directo (521) mediante la aplicación de las ponderaciones del haz directo a una señal de haz directo (511), de manera que cada señal de enlace ascendente directo es única para uno de los nodos de acceso respectivos;

transmitir cada señal de enlace ascendente directo de una manera sincronizada en el tiempo mediante su nodo de acceso respectivo;

recibir una señal directa de entrada compuesta respectiva (545) mediante cada una de la pluralidad de transpondedores del relé de extremo a extremo de la pluralidad de nodos de acceso, cada una de las señales directas de entrada compuestas respectivas comprende una superposición de la pluralidad de señales de enlace ascendente directo; y

transmitir una señal de enlace descendente directo respectiva (522) que corresponde a la señal directa de entrada respectiva compuesta mediante cada una de la pluralidad de transpondedores, de manera que las señales de enlace descendente directo forman un haz directo de usuario.

78. El método de la reivindicación 77, que comprende, además:

recibir una superposición (551) de las señales de enlace descendente directo en la terminal de usuario; y

recuperar al menos una porción de la señal de datos directa mediante la terminal de usuario desde la superposición recibida de las señales de enlace descendente directo.

79. El método de la reivindicación 77 o 78, caracterizado además porque:

la recepción de las señales directas de entrada compuestas se logra mediante la pluralidad de elementos de la antena de recepción;

la transmisión de las señales de enlace descendente directo se logra mediante una pluralidad de elementos de la antena de transmisión; y

cada una de la pluralidad de transpondedores acopla uno de los elementos de la antena de recepción respectivo a uno de los elementos de la antena de transmisión respectivos.

80. El método de cualquiera de las reivindicaciones 77 - 79, caracterizado además

porque:

el haz directo de usuario es uno de una pluralidad de haces directos de usuario, cada uno de los cuales corresponde a un área de cobertura de haz directo de usuario (519) que da servicio a un conjunto de terminales de usuario respectivos; y

el cálculo comprende calcular las ponderaciones respectivas del haz directo (918) para cada canal de múltiples trayectos directo de extremo a extremo, de manera que la transmisión de las señales de enlace descendente directo forma la pluralidad de haces directos de usuario.

81. El método de la reivindicación 80, caracterizado además porque:

la señal de haz directo es una de una pluralidad de señales de haz directo, cada una para la transmisión hacia uno de los haces directos de usuario asociados; y la generación comprende la aplicación de ponderaciones del haz directo a cada señal de haz directo de conformidad con los canales directos de múltiples trayectos correspondientes al haz directo de usuario asociado.

82. El método de la reivindicación 80 u 81, caracterizado además porque existen más haces directos de usuario que transpondedores.

83. El método de cualquiera de las reivindicaciones 77 - 82, caracterizado además porque la generación comprende formar la señal de haz directo mediante la multiplexación de una pluralidad de flujos de datos de usuario (509) de conformidad con al menos una de una multiplexación por división de frecuencia o por división de tiempo, cada una de la pluralidad de flujos de datos de usuario para transmitir al menos una de una pluralidad de terminales de usuario a los que se brinda servicio mediante el haz directo de usuario.

84. El método de cualquiera de las reivindicaciones 77 - 83, caracterizado además porque existen más nodos de acceso que transpondedores.

85. El método de cualquiera de las reivindicaciones 77 - 84, caracterizado además porque la cantidad de nodos de acceso no es igual a la cantidad de haces directos de usuario.

86. El método de cualquiera de las reivindicaciones 77 - 85, caracterizado además porque el cálculo comprende la estimación de las ganancias del canal directo de extremo a extremo para cada una de la pluralidad de canales de múltiples trayectos directos de extremo a extremo.

87. El método de la reivindicación 86, caracterizado además porque la estimación comprende estimar las ganancias del canal directo de extremo a extremo para cada uno de una pluralidad de canales directos de múltiples trayectos de extremo a extremo, cada canal de múltiples trayectos de extremo a extremo acopla uno de la pluralidad de nodos de acceso con una ubicación de referencia a una de una pluralidad de áreas de cobertura del haz directo de usuario.

88. El método de la reivindicación 86 u 87, caracterizado además porque:

la estimación comprende estimar una matriz directa de canal como $\mathbf{A_t} \times \mathbf{E}$ x $\mathbf{C_r}$, de manera que cada elemento de la matriz de canal directo modela

uno de la pluralidad de canales directos de múltiples trayectos de extremo a extremo, caracterizado además porque:

At es una matriz de radiación de enlace descendente que modela una pluralidad de enlaces descendentes desde el relé de extremo a extremo a la terminal del usuario,

E es una matriz de carga útil que modela la pluralidad de transpondedores, y

Cr es una matriz de radiación de enlace ascendente que modela una pluralidad de enlaces ascendentes desde los nodos de acceso al relé de extremo a extremo.

89. El método de la reivindicación 88, caracterizado además porque la matriz directa del canal tiene M vectores, cada uno de los cuales tiene una dimensión igual a K , de manera que cada vector modela las ganancias del canal directo de extremo a extremo para las comunicaciones de trayectos múltiples entre una pluralidad de nodos de acceso respectivos y las ubicaciones de referencia en las K áreas de cobertura del haz directo de usuario.

90. El método de la reivindicación 88 u 89, que comprende, además:
estimar la matriz de carga útil mediante una matriz diagonal.

91. El método de cualquiera de las reivindicaciones 88 - 90, que comprende,
además:
estimar al menos una de **At**, **E**, o **Cr** después del despliegue de un artefacto que tiene el relé de extremo a extremo dispuesto en este.

92. El método de cualquiera de las reivindicaciones 77 - 91, que comprende,
además:
recibir la señal de haz directo,
caracterizado además porque el cálculo se lleva a cabo antes de la recepción.

93. El método de cualquiera de las reivindicaciones 77 - 92, que comprende,
además:
recibir la señal de haz directo en un formador de haz directo; y
comunicar las señales de enlace ascendente directo a la pluralidad de nodos de acceso desde el formador de haz directo después de aplicar las ponderaciones del haz directo a la señal directa del haz en el formador de haz directo.

94. El método de cualquiera de las reivindicaciones 77 - 93, que comprende,
además:
volver a calcular las ponderaciones del haz directo como una función de
volver a estimar las ganancias del canal directo de extremo a extremo

después de un cambio en la composición de la pluralidad de nodos de acceso.

95. El método de cualquiera de las reivindicaciones 77 - 94, que comprende, además, la formación de un haz de usuario de retorno mediante:

la recepción de una señal de enlace ascendente de retorno respectiva (525) en cada una de la pluralidad de transpondedores de relé de extremo a extremo desde la terminal de usuario;

la transmisión de una pluralidad de señales de enlace descendente de retorno (527) mediante la pluralidad de transpondedores, cada señal descendente de retorno corresponde a una de las señales de enlace ascendente de retorno respectiva; y

la recepción de una señal de enlace descendente de retorno respectiva (527) para formar una señal de retorno compuesta (907) en cada una de la pluralidad de nodos de acceso, cada una de las señales de retorno compuestas respectivas comprende una superposición (1706) de la pluralidad de señales de enlace descendente de retorno; y

la aplicación de ponderaciones del haz de retorno (937) a la pluralidad de señales de retorno compuestas, las ponderaciones del haz de retorno se calculan para los canales de retorno de extremo a extremo de múltiples trayectos que acoplan la terminal de usuario a la pluralidad de nodos de acceso a través de la pluralidad de transpondedores, caracterizado además porque la aplicación de las ponderaciones del haz de retorno comprende aplicar, a cada señal de retorno compuesta, la ponderación del haz de retorno asociado con el nodo de acceso que recibió la señal de retorno compuesta.

96. El método de la reivindicación 95, que comprende, además:

transmitir las señales de enlace ascendente de retorno mediante la terminal de usuario a la pluralidad de transpondedores, caracterizado además porque la transmisión de las señales de enlace ascendente directo se logra mediante la pluralidad de nodos de acceso hacia la pluralidad de transpondedores, y

la transmisión de las señales de enlace ascendente directo y la transmisión de las señales de enlace ascendente de retorno son dúplex por división de tiempo.

97. El método de la reivindicación 95 o 96, caracterizado además porque:

un primer rango de frecuencias se asigna a las señales de enlace ascendente directo; y

un segundo rango de frecuencia, que no se superpone con el primer rango de frecuencia, se asigna a las señales de enlace ascendente de retorno.

98. Un método para la formación de haces de extremo a extremo mediante el uso de un relé de extremo a extremo (503, 1202, 1502, 3403), el método comprende:

recibir una señal de enlace ascendente de retorno respectiva (525) en cada una de una pluralidad de transpondedores del relé de extremo a extremo; transmitir una pluralidad de señales de enlace descendente de retorno (527) mediante la pluralidad de transpondedores, cada señal de enlace descendente de retorno corresponde a una de las señales de enlace ascendente de retorno respectiva;

recibir en cada una de la pluralidad de nodos de acceso, una superposición correspondiente (1706) de la pluralidad de señales de enlace descendente de retorno para formar una señal de retorno compuesta (907); y

formar un haz de usuario de retorno mediante la aplicación de ponderaciones del haz de retorno (937) a la pluralidad de señales de retorno compuestas, cada una de las ponderaciones del haz de retorno se calcula para uno de una pluralidad de canales de múltiples trayectos de extremo a extremo que acopla una ubicación de referencia dentro del área de cobertura de usuario a la pluralidad de nodos de acceso, cada canal tiene múltiples trayectos generados por trayectos mediante la pluralidad de transpondedores,

caracterizado porque la aplicación de las ponderaciones del haz de retorno comprende aplicar, a cada señal de retorno compuesta, la ponderación del haz de retorno asociado con el nodo de acceso que recibió dicha señal de retorno compuesta.

99. El método de la reivindicación 98, que comprende, además:

transmitir la señal de enlace ascendente de retorno desde la terminal de usuario a al menos parte de la pluralidad de transpondedores de relé de extremo a extremo.

100. El método de la reivindicación 98 o 99, caracterizado además porque:

la recepción de la señal de enlace ascendente de retorno se logra mediante una pluralidad de elementos de la antena de recepción;

la transmisión de la señal de enlace descendente de retorno se logra mediante una pluralidad de elementos de la antena de transmisión; y

cada una de la pluralidad de transpondedores acopla uno de los elementos de la antena de recepción respectivo a uno de los elementos de la antena de transmisión respectivo.

101. El método de cualquiera de las reivindicaciones 98 - 100, que comprende, además:

calcular las ponderaciones del haz de retorno antes de recibir las señales de retorno compuestas.

102. El método de cualquiera de las reivindicaciones 98 - 101, caracterizado además porque:

la terminal de usuario está en uno de una pluralidad de haces de usuario de retorno, cada uno de los cuales corresponde a un área de cobertura de haz de usuario de retorno (519) que brinda servicio a un conjunto de terminales de usuario respectivos;

cada haz de usuario de retorno se asocia a un conjunto de canales de múltiples trayectos de retorno de extremo a extremo que acoplan una ubicación respectiva dentro de un área de cobertura de haz de un usuario con la pluralidad de nodos de acceso a través de la pluralidad de transpondedores; y

las ponderaciones del haz de retorno se calculan mediante el cálculo de las ponderaciones del haz de retorno respectivas para cada uno de los conjuntos de canales de retorno de múltiples trayectos de extremo a extremo respectivos.

103. El método de la reivindicación 102, caracterizado además porque:

las señales de enlace ascendente de retorno respectivas comprenden una pluralidad de señales de haz de retorno (915), cada señal de haz de retorno se asocia con las transmisiones que se originan por una terminal de usuario respectiva en un área de cobertura de un haz de usuario de retorno asociada; y

la formación comprende aplicar, a cada una de las señales de retorno compuestas, las ponderaciones de haz de retorno respectivas asociadas a los nodos de acceso que recibieron la señal de retorno compuesta y el área de cobertura de haz de usuario de retorno desde la cual se originaron las transmisiones asociadas.

104. El método de la reivindicación 102 o 103, caracterizado además porque la cantidad de nodos de acceso no es igual a la cantidad de haces de usuario de retorno.

105. El método de la reivindicación 102 - 104, caracterizado además porque existen más haces de usuario de retorno que transpondedores.

106. El método de cualquiera de las reivindicaciones 98 - 105, caracterizado además porque existen más nodos de acceso que transpondedores.

107. El método de cualquiera de las reivindicaciones 98 - 106, caracterizado además porque cada una de las ponderaciones del haz de retorno se calcula mediante la estimación de la ganancia del canal de retorno de extremo a extremo para cada uno de los canales de retorno de múltiples trayectos de extremo a extremo.

108. El método de la reivindicación 107, caracterizado además porque la estimación comprende estimar las ganancias de canal de retorno de extremo a extremo para cada uno de los canales de retorno de múltiples trayectos de extremo a extremo, cada canal de retorno de múltiples trayectos de extremo a extremo acopla una ubicación de referencia en una de una pluralidad de áreas de cobertura de haz de usuario de retorno respectiva a uno de la pluralidad de nodos de acceso a través de una pluralidad de transpondedores.

109. El método de la reivindicación 107 o 108, caracterizado además porque la estimación comprende estimar una matriz del canal de retorno como $\mathbf{Ct} \times \mathbf{E} \times \mathbf{Ar}$, de manera que cada elemento de la matriz del canal de retorno modela la ganancia de canal de extremo a extremo para uno de los canales de retorno de múltiples trayectos de extremo de retorno, caracterizado además porque:

Ct es una matriz de radiación de enlace descendente que modela una pluralidad de enlaces descendentes desde el relé de extremo a los nodos de acceso,

E es una matriz de carga útil que modela la pluralidad de transpondedores, y

Ar es una matriz de radiación de enlace ascendente que modela al menos un enlace ascendente desde el haz de usuario de retorno al relé de extremo a extremo.

110. El método de la reivindicación 109, caracterizado además porque la matriz de canal de retorno tiene K vectores, cada uno de los cuales tiene una dimensión igual a M , de manera que cada vector modela las ganancias de canal de retorno de extremo a extremo para comunicaciones de múltiples trayectos entre una ubicación de referencia respectiva en una de las K áreas de cobertura del haz de usuario de retorno y los nodos de M accesos.

111. El método de la reivindicación 109 - 110, que comprende, además:

la estimación de la matriz de carga útil mediante una matriz diagonal.

112. El método de cualquiera de las reivindicaciones 109 - 111, que comprende, además:

estimar al menos uno de **Ar**, **E**, o **Ct** después del despliegue de un artefacto que tiene el relé de extremo a extremo dispuesto en este.

113. El método de cualquiera de las reivindicaciones 98 - 112, que comprende, además, formar un haz directo de usuario mediante:

generar una pluralidad de señales de enlace ascendente directo (521) mediante la aplicación de ponderaciones del haz directo (918) a una señal de haz directo (511), de manera que cada señal de enlace ascendente directo es única para un nodo respectivo de los nodos de acceso;

transmitir cada señal de enlace ascendente directo mediante su nodo de acceso respectivo;

recibir una señal directa de entrada compuesta respectiva (545) mediante cada una de la pluralidad de transpondedores de relé de extremo a extremo de la pluralidad de nodos de acceso, cada una de las señales directas de entrada compuestas respectivas comprende una superposición de la pluralidad de señales de enlace ascendente directo; y

transmitir una señal de enlace descendente directo respectiva (9522) que corresponde a la señal directa de entrada compuesta mediante cada una de la pluralidad de transpondedores de manera que las señales de enlace descendente directo respectivas forman el haz directo de usuario.

114. Un método para crear un haz directo de usuario mediante el uso de formaciones del haz de extremo a extremo, el método comprende:

transmitir una pluralidad de señales de enlace ascendente directo ponderadas por haz (521) desde ubicaciones distribuidas geográficamente, cada una de las cuales comprende una señal de haz directo (511) para el haz directo de usuario;

recibir simultáneamente múltiples señales directas de entrada compuestas (545), cada una de las cuales comprende una superposición de la pluralidad de señales de enlace ascendente directo ponderadas por haz; y

transmitir simultáneamente una pluralidad de señales de enlace descendente directo (522) para formar el haz directo de usuario, las señales de enlace descendente directo corresponden a las señales directas de entrada compuestas.

115. El método de la reivindicación 114, caracterizado además porque cada señal de enlace descendente directo corresponde únicamente a una señal directa de entrada compuesta respectiva.

116. El método de la reivindicación 114 o 115, que comprende, además:

amplificar las señales directas de entrada compuestas respectivas para generar las señales de enlace descendente directo respectivas.

117. El método de cualquiera de las reivindicaciones 114 - 116, que comprende,
además:

recibir una superposición (551) de las señales de enlace descendente directo en una ubicación de referencia en un área de cobertura de haz directo de usuario (519); y

recuperar al menos una porción de la señal de haz directo desde la superposición recibida de las señales de enlace descendente directo.

118. El método de cualquiera de las reivindicaciones 114 - 117, que comprende,
además:

calcular las ponderaciones del haz directo (918) para un canal directo de múltiples trayectos de extremo a extremo entre la pluralidad de ubicaciones distribuidas geográficamente y una ubicación de referencia en un área de cobertura del haz directo de usuario mediante una pluralidad de trayectos de transmisión; y

generar la pluralidad de señales de enlace ascendente directo ponderadas por haz mediante la aplicación de las ponderaciones del haz directo a la señal del haz directo.

119. El método de la reivindicación 118, caracterizado además porque:

la señal del haz directo es uno de una pluralidad de señales del haz directo, cada uno para un área de cobertura de haz directo de usuario respectivo; y
el cálculo comprende, además, calcular las ponderaciones del haz directo respectivas para cada uno de una pluralidad de canales directos de múltiples trayectos de extremo a extremo, cada canal directo de múltiples trayectos de extremo a extremo acopla una de la pluralidad de ubicaciones distribuidas geográficamente a una ubicación de referencia dentro de una de las áreas de cobertura de haz directo de usuario a través de la pluralidad de trayectos de transmisión,

de manera que la transmisión de la pluralidad de señales de enlace descendente directo provoca que las señales de enlace descendente directo formen la pluralidad de haces directos de usuario.

120. El método de la reivindicación 119, caracterizado además porque la generación comprende la aplicación de las ponderaciones del haz directo a cada señal del haz directo de conformidad con los canales directos de múltiples trayectos de extremo a extremo para los haces directos de usuario respectivos que corresponden a la señal del haz directo.

121. El método de cualquiera de las reivindicaciones 114 - 120, caracterizado además porque la recepción simultánea y la transmisión simultánea se logran a través de una pluralidad de trayectos de comunicación colocados.

122. El método de cualquiera de las reivindicaciones 114 - 121, caracterizado además porque cada señal de enlace ascendente directo ponderada por haz comprende señales de haz directo (511), cada una de las cuales comprende una pluralidad de flujos de datos de usuario (509) multiplexados de conformidad con al menos una multiplexación por división de tiempo o por división de frecuencia, cada una de la pluralidad de flujos de datos de usuario para la transmisión al menos hacia una de una pluralidad de terminales de usuario a los que se brinda servicio por el haz directo de usuario.

123. Un método para crear un haz directo de usuario que transporta una señal de haz directo mediante el uso de una formación del haz de extremo a extremo, el método comprende:

crear una pluralidad de señales de enlace descendente directo (522), cada una de las cuales resulta de la recepción de una superposición de una pluralidad de señales de enlace ascendente directo ponderadas por haz (521) transmitidas desde una pluralidad de ubicaciones distribuidas geográficamente, las señales de enlace ascendente directo ponderadas por haz comprenden la señal de haz directo para el haz directo de usuario; y transmitir las señales de enlace descendente directo para formar un haz directo de usuario.

124. El método de la reivindicación 123, caracterizado además porque:

la creación comprende simultáneamente recibir cada una de las superposiciones respectivas a través de uno de una pluralidad de trayectos de comunicación colocados; y

la transmisión se logra a través de los trayectos de comunicación colocados.

125. El método de la reivindicación 123 o 124, que comprende, además:

recibir una superposición (551) de las señales de enlace descendente directo en una ubicación de recuperación en el área de cobertura del haz directo de usuario (519); y

recuperar al menos una porción de la señal de haz directo desde la superposición recibida de las señales de enlace descendente directo.

126. El método de cualquiera de las reivindicaciones 123 - 125, que comprende, además:

calcular las ponderaciones del haz directo (918) para los canales directos de múltiples trayectos de extremo a extremo que acoplan la pluralidad de

ubicaciones distribuidas geográficamente con una ubicación de recuperación en el área de cobertura del haz de usuario (519) por medio de una pluralidad de trayectos de comunicación colocados;
generar la pluralidad de señales de enlace ascendente directo ponderadas por haz mediante la aplicación de las ponderaciones del haz directo a la señal del haz directo; y
transmitir cada señal de enlace ascendente directo ponderada por haz desde su ubicación distribuida geográficamente respectiva.

127. El método de la reivindicación 126, caracterizado además porque:

el haz directo de usuario es uno de una pluralidad de haces directos de usuario, cada uno de los cuales corresponde a un área de cobertura del haz directo de usuario (519) que da servicio a un conjunto respectivo de terminales de usuario; y

el cálculo comprende, además, calcular las ponderaciones respectivas del haz directo para cada una de una pluralidad de canales directos de múltiples trayectos de extremo a extremo, cada uno de los canales directos de múltiples trayectos de extremo a extremo acopla una de la pluralidad de ubicaciones distribuidas geográficamente a una ubicación de referencia dentro del área de cobertura de haz directo de usuario de un haz directo de usuario respectivo a través de la pluralidad de trayectos de transmisión, de manera que la transmisión de las señales de enlace descendente directo forma la pluralidad de haces directos de usuario.

128. El método de cualquiera de las reivindicaciones 123 - 127, caracterizado además porque:

el haz directo de usuario es uno de una pluralidad de haces directos de usuario, cada uno de los cuales corresponde a un área de cobertura de haz directo de usuario diferente; y

la transmisión de las señales de enlace descendente directo forma la pluralidad de haces directos de usuario.

129. El método de cualquiera de las reivindicaciones 123 - 128, caracterizado además porque cada señal de enlace ascendente directo ponderada por haz comprende las señales del haz directo (511) que comprende los datos desde una pluralidad de flujos de datos de usuario (509) multiplexados de conformidad con al menos una multiplexación por división de tiempo o por división de frecuencia, cada una de la pluralidad de flujos de datos de usuario para la transmisión hacia una o más de una pluralidad de ubicaciones de recuperación en el área de cobertura del haz directo de usuario.

130. Un método para formar un haz de usuario de retorno (519) mediante el uso de la formación del haz de extremo a extremo, el método comprende:

crear una pluralidad de señales de enlace descendente de retorno (527) desde una señal de enlace ascendente de retorno recibida (525) transmitida desde una ubicación de referencia en un área de cobertura del haz de usuario de retorno; transmitir la pluralidad de señales de enlace descendente de retorno a una pluralidad de ubicaciones de recepción distribuidas geográficamente; recibir una superposición respectiva (1706) de la pluralidad de señales de enlace descendente de retorno en cada ubicación de recepción para formar una señal de retorno compuesta (907); y aplicar las ponderaciones del haz de retorno (937) a la pluralidad de señales de retorno compuestas, las ponderaciones del haz se calculan para los canales de múltiples trayectos de extremo a extremo que acoplan la ubicación de referencia en el área de cobertura del haz del usuario de retorno a la pluralidad de ubicaciones de recepción.

131. El método de la reivindicación 130, caracterizado además porque la creación comprende:

recibir una señal de enlace ascendente de retorno respectiva (525) a través de cada una de una pluralidad de trayectos de comunicación colocados, cada señal de enlace descendente de retorno se crea desde una de las señales de enlace ascendente de retorno recibidas correspondientes.

132. El método de la reivindicación 130 o 131, que comprende, además:

transmitir la señal de enlace ascendente de retorno desde la ubicación en el área de cobertura del haz de usuario de retorno para ser recibida en la pluralidad de trayectos de comunicación colocados.

133. El método de cualquiera de las reivindicaciones 130 - 132, caracterizado además porque la aplicación de las ponderaciones del haz de retorno comprende aplicar, a cada una de las señales de retorno compuestas, ponderaciones del haz de retorno asociadas a la ubicación de recepción respectiva en la que se recibió la señal de retorno compuesta.

134. El método de cualquiera de las reivindicaciones 130 - 133, caracterizado además porque:

las señales de enlace ascendentes de retorno comprenden una de una pluralidad de señales del haz de retorno (915); cada señal del haz de retorno se asocia a al menos a uno del canal de múltiples trayectos de retorno de extremo a extremo, cada uno de los al menos un canal de retorno de múltiples trayectos de extremo a extremo se

acopla a una de una pluralidad de ubicaciones de referencia respectiva con una de la pluralidad de ubicaciones de recepción; y
las ponderaciones del haz de retorno se calculan mediante el cálculo de las ponderaciones del haz de retorno respectivas para cada canal de retorno de múltiples trayectos de extremo a extremo.

135. El método de la reivindicación 134, caracterizado además porque la aplicación comprende aplicar a cada señal de retorno compuesta, las ponderaciones del haz de retorno respectivas asociadas a una pluralidad de ubicaciones de referencia respectivas.

136. Un sistema de formación de haces de extremo a extremo (500, 1200, 3400), que comprende:

una pluralidad de nodos de acceso distribuidos geográficamente (515), cada uno de los cuales tiene una salida de señal de enlace ascendente ponderada de extremo a extremo;

un relé de extremo a extremo (503, 1202, 1502, 3403) que comprende una pluralidad de trayectos de recepción/transmisión de la señal (1702), cada uno de los trayectos de recepción/transmisión de la señal comprende:

un elemento de la antena de recepción (406, 3416) en comunicación inalámbrica con la pluralidad de salidas de la señal de enlace ascendente directo ponderada por haz a través de una pluralidad de enlaces ascendentes respectivos;

un transpondedor (410, 3430) en comunicación con el elemento de la antena de recepción; y

un elemento de la antena de transmisión (409, 3429) en comunicación con el transpondedor respectivo y en comunicación inalámbrica con una terminal de usuario en un área de cobertura directa del haz de usuario a través de uno de una de una pluralidad de enlaces descendentes respectivo,

de manera que una superposición de la pluralidad de señales de enlace ascendente directo ponderadas por haz a través de los enlaces ascendentes crea una señal directa de entrada compuesta en cada elemento de la antena de recepción, y

de manera que una pluralidad de señales de enlace descendente directo transmitidas mediante la pluralidad de elementos de la antena de transmisión forman el haz directo de usuario.

137. El sistema de formación de haces de extremo a extremo de la reivindicación 136, que comprende, además:

la terminal de usuario (517) dispuesto en un área de cobertura de un haz directo de usuario al que se brinda servicio mediante el haz directo de usuario y está en comunicación de enlace descendente con la pluralidad de trayectos de recepción/transmisión de la señal a través de los enlaces descendentes para recibir una superposición de las señales de enlace descendente directo.

138. El sistema de formación de haces de extremo a extremo de la reivindicación 136 o 137, caracterizado además porque:

el haz directo de usuario es uno de una pluralidad de haces directos de usuario, cada uno de los cuales corresponde a un área de cobertura de haz directo de usuario que brinda servicio a un conjunto de terminales de usuario respectivos; y

las señales de enlace descendente directo compuestas respectivas transmitidas por los elementos de la antena de transmisión forman la pluralidad de haces directos de usuario.

139. El sistema de formación de haces de extremo a extremo de la reivindicación 138, caracterizado además porque existen más haces directos de usuario que transpondedores.

140. El sistema de formación de haces de extremo a extremo de la reivindicación 138 o 139, caracterizado además porque la cantidad de nodos de acceso no es igual a la cantidad de haces directos de usuario.

141. El sistema de formación de haces de extremo a extremo de cualquiera de las reivindicaciones 136 - 140, caracterizado además porque:

la pluralidad de nodos de acceso comprende un primer subconjunto de nodos de acceso y un segundo subconjunto de nodos de acceso;

el haz directo de usuario es un primer haz directo de usuario;

el primer subconjunto de nodos de acceso comprende salidas de la señal de enlace ascendente directo ponderada asociadas al primer haz directo de usuario; y

el segundo subconjunto de nodos de acceso comprende salidas de la señal de enlace ascendente directo ponderada por haz asociadas a un segundo haz directo de usuario.

142. El sistema de formación de haces de extremo a extremo de la reivindicación 141, caracterizado además porque al menos un nodo de acceso está en el primer y en el segundo subconjuntos.

143. El sistema de formación de haces de extremo a extremo de cualquiera de las reivindicaciones 136 - 142, que comprende, además:

un generador de ponderación por haz (910, 917) que comprende una salida de ponderaciones de haz;

un formador de haz directo (513, 529, 3006) que comprende:

una entrada de ponderaciones de haz (920) en comunicación con la salida de ponderaciones de haz para recibir un conjunto de ponderaciones de haz directo;

una entrada de datos (925) para recibir una señal del haz directo; y

una salida (923) en comunicación con la pluralidad de nodos de acceso, cada nodo de acceso recibe, desde la salida del formador de haz directo, una de las señales de enlace ascendente directo ponderada por haz respectivas.

144. El sistema de formación de haces de extremo a extremo de la reivindicación 143, que comprende, además: una red de distribución (518) en comunicación con el formador de haz directo y los nodos de acceso.

145. El sistema de formación de haces de extremo a extremo de la reivindicación 143 o 144, caracterizado además porque cada señal de enlace ascendente directo ponderada por haz se genera mediante la aplicación del conjunto de ponderaciones de haz directo a la señal de haz directo, de manera que cada señal de enlace ascendente directo ponderada por haz es única para uno de la pluralidad de nodos de acceso respectivos.

146. El sistema de formación de haces de extremo a extremo de la reivindicación 143 - 145, que comprende, además:

un estimador del canal (919) que estima las señales de ganancia del canal de extremo a extremo asociadas a los canales directos de múltiples trayectos de extremo a extremo, los canales directos de múltiples trayectos de extremo a extremo acoplan los nodos de acceso a la terminal de usuario en el área de cobertura del haz directo de usuario por medio de los transpondedores,

caracterizado además porque el generador de ponderación de haz está en comunicación con las señales de ganancia del canal de extremo a extremo, el generador de ponderación del haz determina el conjunto de ponderaciones del haz directo como una función de las señales de ganancia del canal de extremo a extremo estimado.

147. El sistema de formación de haces de extremo a extremo de la reivindicación 146, caracterizado además porque el estimador del canal comprende un almacenamiento de datos del canal (921) que almacena en este:

una matriz de radiación de enlace descendente (**At**) que modela los trayectos de enlace descendente desde los elementos de la antena de transmisión hacia la terminal de usuario;

una matriz de carga útil (**E**) que modela los transpondedores; y
una matriz de radiación de enlace ascendente (**Cr**) que modela los trayectos de enlace ascendente desde los nodos de acceso hacia los elementos de la antena de recepción; y
la salida de la ganancia del canal de extremo a extremo se estima para formar una matriz del canal directo (**At x E x Cr**).

148. El sistema de formación de haces de extremo a extremo de la reivindicación 147, que comprende, además: un artefacto no terrestre, desplegado, que tiene el relé de extremo a extremo dispuesto en este, caracterizado además porque al menos uno de **At**, **E**, o **Cr** se estima después del despliegue del artefacto.

149. El sistema de formación de haces de extremo a extremo de la reivindicación 148, caracterizado además porque **E** se mide para el relé de extremo a extremo antes del despliegue del artefacto.

150. El sistema de formación de haces de extremo a extremo de la reivindicación 147 o 148, caracterizado además porque la matriz del canal directo se estima y se almacena en el almacenamiento de datos del canal antes de recibir la señal del haz directo.

151. El sistema de formación de haces de extremo a extremo de cualquiera de las reivindicaciones 136 - 150, caracterizado además porque existen más nodos de acceso que transpondedores.

152. El sistema de formación de haces de extremo a extremo de cualquiera de las reivindicaciones 136 - 151, caracterizado además porque la señal de haz directo se forma mediante la multiplexación de una pluralidad de flujos de datos de usuario de conformidad con al menos una multiplexación por división de tiempo o por división de frecuencia, cada una de la pluralidad de flujos de datos de usuario para la transmisión al menos hacia uno de una pluralidad de terminales de usuario a los que se brinda servicio por el haz directo de usuario.

153. El sistema de formación de haces de extremo a extremo de cualquiera de las reivindicaciones 136 - 152, caracterizado además porque:

los nodos de acceso y la terminal de usuario son terminales terrestres; y
el relé de extremo a extremo se dispone en un artefacto no terrestre.

154. El sistema de formación de haces de extremo a extremo de cualquiera de las reivindicaciones 136 - 153, caracterizado además porque:

los nodos de acceso son nodos de acceso al satélite; y
el relé de extremo a extremo se dispone en un satélite.

155. El sistema de formación de haces de extremo a extremo de cualquiera de las reivindicaciones 136 - 154, caracterizado además porque:

la terminal de usuario está, además, en un área de cobertura del haz de usuario de retorno y tiene una antena para transmitir una señal de enlace ascendente de retorno, la señal de enlace ascendente de retorno comprende una señal de haz de retorno;

los trayectos de recepción/transmisión de la señal están cada uno en comunicación inalámbrica con la terminal de usuario para crear una pluralidad de señales de enlace descendente de retorno desde una pluralidad de recepciones respectivas de la señal de enlace ascendente de retorno;

los nodos de acceso están cada uno en comunicación inalámbrica con los trayectos de recepción/transmisión de la señal por medio de los trayectos de enlace descendente de retorno respectivos para recibir una superposición (1706) de las señales de enlace descendente de retorno para formar una señal de retorno compuesta (907); y

el sistema de formación de haces de extremo a extremo comprende, además, un formador de haz de retorno (513, 531, 3016) que tiene:

una entrada de la señal de retorno en comunicación con los nodos de acceso para recibir las señales de retorno compuestas, cada señal de retorno compuesta comprende las señales de enlace descendente de retorno respectivas recibidas por uno de los nodos de acceso respectivos; y

una salida de formación de haces para comunicar una combinación de señales de formación de haces de retorno compuestas.

156. El sistema de formación de haces de extremo a extremo de la reivindicación 155, caracterizado además porque:

los nodos de acceso están en comunicación de enlace ascendente con el relé de extremo a extremo sobre una banda de frecuencia; y

la terminal de usuario está en comunicación de enlace ascendente con el relé de extremo a extremo sobre la banda de frecuencia.

157. Un sistema de formación de haces de extremo a extremo (500, 1200, 3400) para las comunicaciones con una terminal de usuario (517), el sistema comprende:

una pluralidad de nodos de acceso distribuidos geográficamente (515);

un relé de extremo a extremo (503, 1202, 1502, 3403) que tiene una pluralidad de trayectos de recepción/transmisión de la señal (1702), cada uno de los trayectos de recepción/transmisión de la señal comprende:

un elemento de la antena de recepción (406, 3416) en comunicación inalámbrica con la terminal de usuario por un enlace ascendente para recibir una

señal de enlace ascendente de retorno respectiva desde la terminal de usuario;
y
un elemento de la antena de transmisión (409, 3429) para transmitir una de una pluralidad de señales de enlace descendente de retorno respectiva para los nodos de acceso a través de una pluralidad de enlaces descendentes, la pluralidad de señales de enlace descendente de retorno corresponde a la señal de enlace ascendente de retorno respectiva,
de manera que una superposición respectiva (1706) de las señales de enlace descendente de retorno se recibe por cada uno de los nodos de acceso, lo que resulta, de este modo, en una señal de retorno compuesta respectiva (907); y
un formador de haz de retorno (513, 531, 3016) que comprende:
una entrada del nodo de acceso (931) en comunicación con cada una de la pluralidad de nodos de acceso; y
una salida de la señal de datos de retorno (933) para comunicar una señal del haz de retorno, de manera que la señal del haz de retorno se genera mediante el uso de señales de retorno compuestas.

158. El sistema de formación de haces de extremo a extremo de la reivindicación 157, que comprende, además:

la terminal de usuario dispuesto en un área de cobertura de haz de usuario de retorno y que tiene una salida de la señal de enlace ascendente de retorno en comunicación inalámbrica con la pluralidad de trayectos de recepción/transmisión de la señal a través del enlace ascendente.

159. El sistema de formación de haces de extremo a extremo de la reivindicación 157 o 158, caracterizado además porque:

la terminal de usuario está en una de una pluralidad de áreas de cobertura del haz de usuario de retorno, cada una de las cuales corresponde a un área de cobertura de un haz de usuario que brinda servicio a un conjunto de terminales de usuario respectivo; y
cada elemento de la antena de recepción está en comunicación inalámbrica con una pluralidad de conjuntos de terminales de usuario por los enlaces ascendentes respectivos para recibir una superposición de una pluralidad de señales de enlace ascendente de retorno de la pluralidad de conjuntos de terminales de usuario,
de manera que cada señal de enlace descendente de retorno es un compuesto de la pluralidad de señales de enlace ascendente de retorno.

160. El sistema de formación de haces de extremo a extremo de la reivindicación 159, caracterizado además porque existen más haces de usuario de retorno que trayectos de recepción/transmisión de la señal.

161. El sistema de formación de haces de extremo a extremo de la reivindicación 159 o 160, caracterizado además porque la cantidad de nodos de acceso no es igual a la cantidad de haces de usuario de retorno.

162. El sistema de formación de haces de extremo a extremo de cualquiera de las reivindicaciones 157 - 161, que comprende, además:

un generador de ponderaciones del haz (910, 935) que comprende una salida de ponderaciones del haz,

caracterizado además porque el formador de haz de retorno comprende, además, una entrada de ponderaciones del haz (939) en comunicación con la salida de las ponderaciones del haz para recibir un conjunto de ponderaciones del haz de retorno,

de manera que la señal del haz de retorno se genera mediante la aplicación del conjunto de ponderaciones del haz de retorno a cada señal de retorno compuesta, cada ponderación del haz se asocia al nodo de acceso que recibió la señal de retorno compuesta respectiva.

163. El sistema de formación de haces de extremo a extremo de la reivindicación 162, que comprende, además:

un estimador del canal (943) que ha estimado las salidas de ganancia del canal de extremo a extremo para los canales de retorno de múltiples trayectos de extremo a extremo que acoplan la terminal de usuario a los nodos de acceso a través de la pluralidad de trayectos de recepción/transmisión de la señal,

caracterizado además porque el generador de la ponderación del haz está en comunicación con la salida de ganancia del canal de extremo a extremo estimada y emite el conjunto de ponderaciones del haz de retorno como una función de las ganancias del canal de retorno de extremo a extremo estimadas.

164. El sistema de formación de haces de extremo a extremo de la reivindicación 163, caracterizado además porque:

el estimador de canal comprende un almacenamiento de datos del canal (941) que almacena en este:

una matriz de radiación de enlace descendente (**Ct**) que modela una pluralidad de trayectos de enlace descendente desde los elementos de la antena de transmisión a los nodos de acceso;

una matriz de carga útil (**E**) que modela la pluralidad de trayectos de recepción/transmisión de la señal; y

una matriz de radiación de enlace ascendente (**Ar**) que modela una pluralidad de trayectos de enlace ascendente desde la terminal de usuario hacia los elementos de la antena de recepción; y

las ganancias del canal de retorno de extremo a extremo del canal de retorno de múltiples trayectos de extremo a extremo se estiman como elementos de una matriz del canal de retorno (**Ct x E x Ar**).

165. El sistema de formación de haces de extremo a extremo de la reivindicación 164, que comprende, además, un artefacto desplegado, no terrestre, que tiene el relé de extremo a extremo dispuesto en este, caracterizado además porque al menos uno de **Ar**, **E**, o **Ct** se estima después del despliegue del artefacto.

166. El sistema de formación de haces de extremo a extremo de la reivindicación 165, caracterizado además porque **E** se mide para el relé de extremo a extremo antes del despliegue del artefacto.

167. El sistema de formación de haces de extremo a extremo de cualquiera de las reivindicaciones 164 - 166, caracterizado además porque la matriz del canal de retorno se estima y se almacena en el almacenamiento de datos del canal antes de recibir las señales de retorno compuestas.

168. El sistema de formación de haces de extremo a extremo de cualquiera de las reivindicaciones 157 - 167, caracterizado además porque existen más nodos de acceso que trayectos de recepción/transmisión de señales.

169. El sistema de formación de haces de extremo a extremo de cualquiera de las reivindicaciones 157 - 168, que comprende, además:

una red de distribución (518) en comunicación con los nodos de acceso y el formador de haz de retorno.

170. El sistema de formación de haces de extremo a extremo de cualquiera de las reivindicaciones 157 - 169, caracterizado además porque:

los nodos de acceso y la terminal de usuario son terminales terrestres; y
el relé de extremo a extremo se dispone en un artefacto no terrestre.

171. El sistema de formación de haces de extremo a extremo de cualquiera de las reivindicaciones 157 - 170, caracterizado además porque:

la pluralidad de nodos de acceso son nodos de acceso al satélite; y
el relé de extremo a extremo se dispone en un satélite.

172. Un sistema para la creación de un haz directo de usuario con una señal de haz directo mediante el uso de un formador del haz de extremo a extremo, el sistema comprende:

medios para la transmisión de enlace ascendente directo (502) de una pluralidad de señales de enlace ascendente directo ponderadas por haz desde las ubicaciones distribuidas geográficamente, cada señal de enlace ascendente directo ponderada por haz comprende la señal de haz directo; medios para recibir simultáneamente (1502, 3403) múltiples señales directas de entrada compuestas, cada señal directa de entrada compuesta comprende una superposición de la pluralidad de señales de enlace ascendente directo ponderadas por haz; y medios para transmitir simultáneamente (1502, 3403) una pluralidad de señales de enlace descendente directo para formar el haz directo de usuario, las señales de enlace descendente directo corresponden a las señales directas de entrada compuestas.

173. El sistema de la reivindicación 172, que comprende, además:

una terminal de usuario configurado para recibir una superposición de las señales de enlace descendente directo en una ubicación de referencia en un área de cobertura del haz directo de usuario y recuperar al menos una porción de la señal de haz directo desde la superposición recibida de las señales de enlace descendente directo.

174. El sistema de la reivindicación 172 o 173, que comprende, además:

medios para generar (505) la pluralidad de señales de enlace ascendente directo ponderadas por haz mediante la aplicación de las ponderaciones de haz directo a la señal de haz directo, caracterizado además porque las ponderaciones de haz directo son para los canales de múltiples trayectos de extremo a extremo entre la pluralidad de ubicaciones distribuidas geográficamente y una ubicación de referencia en un área de cobertura del haz directo de usuario a través de una pluralidad de trayectos de transmisión

175. El sistema de la reivindicación 174, caracterizado además porque:

la señal de haz directo es una de una pluralidad de señales de haz directo, cada una de las cuales se asocia con un área de cobertura del haz directo de usuario de un haz directo de usuario respectivo; y las ponderaciones del haz comprenden las ponderaciones de haz directo

para cada uno de una pluralidad de canales de múltiples trayectos directos de extremo a extremo, cada canal de múltiples trayectos de extremo a extremo se acopla a una de la pluralidad de ubicaciones distribuidas geográficamente con una ubicación de referencia dentro del área de cobertura del haz directo de usuario de un haz directo de usuario respectivo a través de la pluralidad de trayectos de transmisión, de manera que la transmisión directa de enlace descendente provoca que las señales de enlace descendente directo formen la pluralidad de haces directos de usuario.

176. El sistema de la reivindicación 175, caracterizado además porque la aplicación de las ponderaciones del haz directo a cada señal de haz directo es de conformidad con los canales directos de múltiples trayectos de extremo a extremo para los haces directos de usuario respectivos correspondientes a las señales de haz directo.

177. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 172 - 176, que comprende, además:

una pluralidad de medios de comunicación colocados, cada uno de los cuales comprende un medio respectivo para la recepción simultánea y un medio respectivo para la transmisión simultánea.

178. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 172 - 177, caracterizado además porque cada señal de haz directo comprende una pluralidad de flujos de datos de usuario multiplexada de conformidad con al menos una de la multiplexación por división de tiempo y la multiplexación por división de frecuencia, cada una de la pluralidad de flujos de datos de usuario para la transmisión hacia al menos uno de una pluralidad de terminales de usuario a los que se brinda servicio mediante el haz directo de usuario.

179. Un satélite (503, 1202, 1502, 3403) que comprende:

una pluralidad de elementos de la antena de recepción (406, 3416, 3426) cada uno de los cuales tiene un patrón de antena de haz de componentes de recepción, de manera que al menos uno de los patrones de antena de haz de componentes de recepción se superpone con al menos otro patrón de antena de haz de componentes de recepción, los elementos de la antena de recepción funcionan a una misma frecuencia de recepción y a una misma polarización de recepción;

una pluralidad de elementos de la antena de transmisión (409, 3419, 3429), cada uno de las cuales tiene un patrón de antena de haz de componentes de transmisión, de manera que al menos uno de los patrones de antena de haz de componentes de transmisión se superpone con al

menos otro patrón de antena de haz de componentes de transmisión, los elementos de la antena de transmisión funcionan a una misma frecuencia de transmisión y a una misma polarización de transmisión; y una pluralidad de transpondedores (410, 3430, 3440), cada uno de los cuales tiene una entrada acoplada a un elemento de la antena de recepción asociada, y cada uno de los cuales tiene una salida acoplada a un elemento de la antena de transmisión asociada, de manera que existe una relación de uno a uno entre cada transpondedor, el elemento de la antena de recepción asociado, y el elemento de la antena de transmisión asociado.

180. El satélite de la reivindicación 179, caracterizado además porque cada uno de al menos 25 % de los patrones de antena de haz de componentes se superpone con al menos cinco de los patrones restantes de antena de haz de componentes.

181. El satélite de la reivindicación 179 o 180, caracterizado además porque cada uno de al menos 25 % de los patrones de antena de haz de componente de transmisión se superpone con al menos cinco de los patrones restantes de antena de haz de componentes de transmisión.

182. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 179 - 181, que tiene un área de cobertura de enlace ascendente del satélite definida por un conjunto de puntos, el patrón de antena de haz de componentes de recepción de cada elemento de antena de recepción establece un área de cobertura del elemento de la antena de recepción correspondiente, caracterizado además porque al menos 25 % del conjunto de puntos del área de cobertura de enlace ascendente del satélite abarca al menos cuatro de las áreas de cobertura del elemento de la antena de recepción.

183. El satélite de la reivindicación 182, caracterizado además porque al menos 25 % de los puntos del área de cobertura de enlace ascendente del satélite abarcan al menos seis de las áreas de cobertura del elemento de la antena de recepción.

184. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 179 - 183, caracterizado además porque cada área de cobertura del elemento de la antena de recepción se define por un conjunto de puntos para los cuales la ganancia de la antena del haz de componentes de recepción está dentro de 10 dB de una ganancia máxima de la antena del haz de componentes de recepción para el elemento de la antena de recepción asociado con el área de cobertura del elemento de la antena de recepción.

185. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 179 - 183, caracterizado además porque cada área de cobertura del elemento de la antena de recepción se define por un conjunto de puntos para los cuales la ganancia de la antena de haz de componentes de recepción

está dentro de 6 dB de una ganancia máxima de la antena de haz de componentes de recepción para el elemento de la antena de recepción asociado con el área de cobertura del elemento de la antena de recepción.

186. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 179 - 183, caracterizado además porque cada área de cobertura del elemento de la antena de recepción se define por un conjunto de puntos para los cuales la ganancia de la antena de haz de componentes de recepción está dentro de 3 dB de una ganancia máxima de la antena de haz de componentes de recepción para el elemento de antena de recepción asociado con el área de cobertura del elemento de la antena de recepción.

187. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 179 - 186, que tiene un área de cobertura del satélite de enlace descendente definida por un conjunto de puntos, el patrón de la antena de haz de componentes de transmisión de cada elemento de antena de transmisión establece un área de cobertura del elemento de la antena de transmisión correspondiente para el elemento de la antena de transmisión, caracterizado además porque al menos 25 % del conjunto de puntos del área de cobertura del satélite del enlace descendente abarca al menos cuatro de las áreas de cobertura de los elementos de la antena de transmisión.

188. El satélite de la reivindicación 187, caracterizado además porque al menos 25 % del conjunto de puntos del área de cobertura del satélite de enlace descendente abarca al menos seis de las áreas de cobertura de los elementos de la antena de transmisión.

189. El satélite de la reivindicación 187 o 188, caracterizado además porque cada área de cobertura del elemento de la antena de transmisión se define por un conjunto de puntos para los cuales la ganancia de la antena de haz de componentes de transmisión está dentro de 10 dB de una ganancia máxima de la antena de haz de componentes de transmisión para el elemento de antena de transmisión asociado con el área de cobertura del elemento de la antena de transmisión.

190. El satélite de la reivindicación 187 o 188, caracterizado además porque cada área de cobertura del elemento de la antena de transmisión se define por un conjunto de puntos para los cuales la ganancia de la antena de haz de componentes de transmisión está dentro de 6 dB de una ganancia máxima de la antena de haz de componentes de transmisión del elemento de antena de transmisión asociado con el área de cobertura del elemento de la antena de transmisión.

191. El satélite de la reivindicación 187 o 188, caracterizado además porque cada área de cobertura del elemento de la antena de transmisión se define por un conjunto de puntos para los cuales la ganancia de la antena de haz de componentes de transmisión está dentro de 3 dB de una ganancia máxima de la antena de haz de componentes de transmisión

para el elemento de la antena de transmisión asociado con el área de cobertura del elemento de la antena de transmisión.

192. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 179 - 191, que comprende, además, un reflector de recepción (1521, 1621), caracterizado además porque la pluralidad de elementos de la antena de recepción se dispone para recibir las señales reflejadas por el reflector de recepción.

193. El satélite de la reivindicación 192, caracterizado además porque el reflector de recepción (1621) tiene un plano focal (1625), y la pluralidad de elementos de la antena de recepción se ubica fuera del plano focal del reflector de recepción.

194. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 179 - 191, caracterizado además porque la pluralidad de elementos de la antena de recepción se dispone como un arreglo de radiación directa.

195. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 179 - 194, caracterizado además porque cada pluralidad de transpondedores se acopla entre un elemento de la antena de recepción asociado y solamente uno de los elementos de la antena de transmisión.

196. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 179 - 195, que comprende, además, un reflector de transmisión (1521, 1561) caracterizado además porque la pluralidad de elementos de la antena de transmisión se dispone para iluminar el reflector de transmisión.

197. El satélite de la reivindicación 196, caracterizado además porque el reflector de transmisión (1621) tiene un plano focal (1625), y la pluralidad de elementos de la antena de transmisión se ubica fuera del plano focal del reflector de transmisión.

198. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 179 - 195, caracterizado además porque la pluralidad de elementos de la antena de transmisión se dispone como un arreglo de radiación directa.

199. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 179 - 198, cada transpondedor comprende:

un amplificador de bajo ruido (412, 3705) (LNA) que tiene una entrada de LNA y una salida de LNA, la entrada de LNA se acopla a uno de los elementos de la antena de recepción asociado; y

un amplificador de potencia (420, 3725) (PA) que tiene una entrada de PA acoplada a la salida de LNA y una salida de PA acoplada a uno de los elementos de la antena de transmisión asociado.

200. El satélite de la reivindicación 199, caracterizado además porque al menos uno de la pluralidad de transpondedores comprende, además, un conversor de frecuencia (414, 3710) acoplado entre el LNA y el PA.

201. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 179 - 200, caracterizado además porque al menos uno de la pluralidad de transpondedores es un transpondedor de enlace directo (3430) y al menos uno de la pluralidad de transpondedores es un transpondedor de enlace de retorno (3440).

202. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 179 - 201, caracterizado además porque la pluralidad de transpondedores comprende diez transpondedores.

203. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 179 - 202, caracterizado además porque la pluralidad de transpondedores comprende cien transpondedores.

204. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 179 - 203, caracterizado además porque al menos uno de los transpondedores funciona en una banda de frecuencia seleccionada del grupo que consiste en: C, L, S, X, V, Ka, y Ku.

205. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 179 - 204, caracterizado además porque al menos uno de los transpondedores funciona con un ancho de banda de frecuencia seleccionado del grupo que consiste en: 500 MHz, 1 GHz, 1.5 GHz, 2 GHz, 2.5 GHz, 3 GHz, y 3.5 GHz.

206. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 179 - 205, que comprende, además, un generador de baliza (426).

207. El satélite de la reivindicación 206, caracterizado además porque el generador de baliza se acopla a al menos uno de la pluralidad de elementos de la antena de transmisión.

208. El satélite de la reivindicación 206 o 207, caracterizado además porque el generador de baliza por satélite genera una baliza de satélite que comprende una secuencia pseudoaleatoria.

209. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 179 - 208, caracterizado además porque el satélite es un satélite geoestacionario.

210. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 179 - 209, caracterizado además porque la pluralidad de elementos de la antena de recepción recibe las señales de un transmisor terrestre en una pluralidad de niveles de la señal recibida, al menos un subconjunto de la pluralidad de elementos de la antena de recepción recibe las señales del transmisor terrestre a los niveles de la señal recibidos que están todos dentro de los 10 dB de un máximo de la pluralidad de niveles de la señal recibida.

211. El satélite de la reivindicación 210, caracterizado además porque el subconjunto comprende 10 % de la pluralidad de elementos de la antena de recepción.

212. El satélite de la reivindicación 210 o 211, caracterizado además porque el subconjunto comprende 10 de la pluralidad de elementos de la antena de recepción.

213. El satélite de cualquiera de las reivindicaciones 179 - 212, caracterizado además porque la pluralidad de elementos de la antena de transmisión transmite señales a un receptor terrestre en una pluralidad de niveles de la señal de transmisión, al menos un subconjunto de la pluralidad de elementos de la antena de transmisión transmite las señales hacia un receptor terrestre con niveles de la señal de transmisión que están todos dentro de los 10 dB de un máximo de la pluralidad de niveles de la señal de transmisión.

214. El satélite de la reivindicación 213, caracterizado además porque el subconjunto comprende 10 % de la pluralidad de elementos de la antena de transmisión.

215. El satélite de la reivindicación 213 o 214, caracterizado además porque el subconjunto comprende 10 de la pluralidad de elementos de la antena de transmisión.

216. El satélite de una cualquiera de las reivindicaciones 179 - 215, caracterizado además porque las demoras en el tiempo del trayecto de la señal entre la pluralidad de transpondedores coinciden.

217. Un método para la comunicación a través de un relé de extremo a extremo (503, 1202, 1502, 3403), el método comprende:

recibir una señal de comunicación (521, 525) en cada uno de una pluralidad de elementos de la antena de recepción de relé de extremo a extremo, la señal de comunicación se origina desde un transmisor terrestre (515, 517), de manera que cada uno de una submatriz de elementos de la antena de recepción recibe la señal de comunicación a un nivel de la señal que no es sustancialmente menor que un nivel de la señal que corresponde a una ganancia máxima del elemento de la antena de recepción;

emitir desde cada una de la pluralidad de elementos de la antena de recepción, una señal recibida correspondiente que resulta de la recepción del elemento de la antena de recepción de la señal de comunicaciones;

amplificar independientemente cada una de las señales recibidas para formar una pluralidad de señales recibidas amplificadas; y

transmitir, desde cada uno de al menos parte de una pluralidad de elementos de la antena de transmisión, una señal diferente de las señales recibidas amplificadas como una señal de enlace descendente (522, 527), de manera que al menos un subconjunto de las señales de enlace descendente ilumina un receptor terrestre (515, 517) a un nivel de la señal que no es sustancialmente menor que un nivel de señal correspondiente a una ganancia máxima de los elementos de la antena de transmisión que participan en la transmisión.

218. El método de la reivindicación 217, caracterizado además porque el transmisor terrestre es una terminal de usuario (517).

219. El método de la reivindicación 217, caracterizado además porque el transmisor terrestre es un nodo de acceso (515).

220. El método de la reivindicación 217 o 218, caracterizado además porque el receptor terrestre es un nodo de acceso (515).

221. El método de la reivindicación 217 o 219, caracterizado además porque el receptor terrestre es una terminal de usuario (517).

222. El método de la reivindicación 220, caracterizado además porque la transmisión de las señales recibidas amplificadas comprende, además, la transmisión a cada una de la pluralidad de nodos de acceso adicionales.

223. El método de cualquiera de las reivindicaciones 217 - 222, caracterizado además porque el satélite tiene un área de cobertura del satélite de enlace ascendente definida por un conjunto de puntos, al menos 25 % del conjunto de puntos del área de cobertura del satélite de enlace ascendente abarca la superposición de las áreas de cobertura de al menos seis elementos de la antena de recepción.

224. El método de cualquiera de las reivindicaciones 217 - 222, caracterizado además porque el satélite tiene un área de cobertura del satélite de enlace ascendente definida por un conjunto de puntos, al menos 25 % de un conjunto de puntos del área de cobertura del satélite del enlace ascendente abarca la superposición de las áreas de cobertura de al menos cuatro elementos de la antena de recepción.

225. El método de cualquiera de las reivindicaciones 217 - 224, caracterizado además porque cada área de cobertura del elemento de la antena de recepción se define por un conjunto de puntos para los cuales una ganancia de la antena del haz de componentes de recepción está dentro de los 10 dB de una ganancia máxima de la antena del haz de componentes de recepción para el elemento de la antena de recepción asociado con el área de cobertura del elemento de la antena de recepción.

226. El método de cualquiera de las reivindicaciones 217 - 224, caracterizado además porque cada área de cobertura del elemento de la antena de recepción se define por un conjunto de puntos para los cuales una ganancia de la antena del haz de componentes de recepción está dentro de 6 dB de una ganancia máxima de la antena del haz de componentes de recepción para el elemento de la antena de recepción asociado con el área de cobertura del elemento de la antena de recepción.

227. El método de cualquiera de las reivindicaciones 217 - 224, caracterizado además porque cada área de cobertura del elemento de la antena de recepción se define por un conjunto de puntos para los cuales una ganancia de la antena del haz de componentes de

recepción está dentro de 3 dB de una ganancia máxima de la antena del haz de componentes de recepción para el elemento de la antena de recepción asociado con el área de cobertura del elemento de la antena de recepción.

228. El método de cualquiera de las reivindicaciones 217 - 227, caracterizado además porque el satélite tiene un área de cobertura del satélite de enlace descendente definida por un conjunto de puntos, al menos 25 % del conjunto de puntos del área de cobertura del satélite de enlace descendente abarca la superposición de las áreas de cobertura de al menos seis elementos de la antena de transmisión.

229. El método de cualquiera de las reivindicaciones 217 - 227, caracterizado además porque el satélite tiene un área de cobertura del satélite de enlace descendente definida por un conjunto de puntos, al menos 25 % del conjunto de puntos del área de cobertura del satélite de enlace descendente abarca la superposición de las áreas de cobertura de al menos cuatro elementos de la antena de transmisión.

230. El método de las reivindicaciones 228 o 229, caracterizado además porque cada área de cobertura del elemento de la antena de transmisión se define por un conjunto de puntos para los cuales una ganancia de la antena de haz de componentes de transmisión está dentro de 10 dB de una ganancia máxima de la antena de haz de componentes de transmisión para el elemento de la antena de transmisión asociado con el área de cobertura del elemento de la antena de transmisión.

231. El método de las reivindicaciones 228 o 229, caracterizado además porque cada área de cobertura del elemento de la antena de transmisión se define por un conjunto de puntos para los cuales una ganancia de la antena de haz de componentes de transmisión está dentro de 6 dB de una ganancia máxima de la antena de haz de componentes de transmisión para el elemento de la antena de transmisión asociado con el área de cobertura del elemento de la antena de transmisión.

232. El método de las reivindicaciones 228 o 229, caracterizado además porque cada área de cobertura del elemento de la antena de transmisión se define por un conjunto de puntos para los cuales una ganancia de la antena de haz de componentes de transmisión está dentro de 3 dB de una ganancia máxima de la antena de haz de componentes de transmisión para el elemento de la antena de transmisión asociado con el área de cobertura del elemento de la antena de transmisión.

233. El método de cualquiera de las reivindicaciones 217 - 232, caracterizado además porque la recepción de la señal de comunicaciones comprende reflejar la señal de comunicaciones para crear una señal que se enfoca en un punto en un plano focal, caracterizado además porque la recepción de la señal de comunicaciones ocurre lejos del plano focal.

234. El método de cualquiera de las reivindicaciones 217 - 233, caracterizado además porque la transmisión de las señales amplificadas recibidas comprende la transmisión desde los elementos de la antena de recepción a un reflector de transmisión que tiene un plano focal, caracterizado además porque la transmisión de las señales ocurre lejos del plano focal.

235. El método de cualquiera de las reivindicaciones 217 - 234, caracterizado además porque la señal de comunicaciones se recibe sobre una frecuencia de enlace ascendente, y comprende, además:

convertir en frecuencia al menos una de las señales recibidas amplificadas desde la frecuencia de enlace ascendente a una frecuencia de enlace descendente para formar una señal recibida amplificada convertida en frecuencia, y caracterizado además porque la transmisión de las señales recibidas amplificadas incluye transmitir las señales recibidas amplificadas convertidas en frecuencia.

236. El método de cualquiera de las reivindicaciones 217 - 235, caracterizado además porque las señales recibidas se encuentran en una banda de frecuencia seleccionada del grupo que consiste en: C, L, S, X, V, Ka y Ku.

237. El método de cualquiera de las reivindicaciones 217 - 236, que comprende, además, transmitir una señal de baliza de relé.

238. El método de la reivindicación 237, caracterizado además porque la señal de baliza de relé comprende una secuencia pseudoaleatoria (PN).

239. El método de cualquiera de las reivindicaciones 217 - 238, cada elemento de la antena de recepción tiene un área de cobertura del elemento de la antena de recepción, de manera que la pluralidad de áreas de cobertura del elemento de antena de recepción se superponen.

240. El método de cualquiera de las reivindicaciones 217 - 239, que incluye, además, recibir, con la pluralidad de elementos de la antena de recepción, señales adicionales desde una pluralidad de transmisores terrestres adicionales que están geográficamente dispersos.

241. El método de la reivindicación 217 - 240, que incluye, además, la transmisión desde la pluralidad de elementos de la antena de recepción a una pluralidad de receptores terrestres adicionales que están geográficamente dispersos.

242. El método de cualquiera de las reivindicaciones 217 - 241, caracterizado además porque cada uno de los subconjuntos de elementos de la antena de recepción recibe la señal de comunicaciones que se origina del transmisor terrestre en un nivel de la señal dentro de 10 db de un nivel máximo de la señal recibida por cualquiera de la submatriz de elementos de la antena de recepción.

243. El método de cualquiera de las reivindicaciones 217 - 242, caracterizado además porque el subconjunto comprende al menos 10 % de la pluralidad de elementos de la antena de recepción.

244. El método de cualquiera de las reivindicaciones 217 - 243, caracterizado además porque el subconjunto comprende al menos diez de la pluralidad de elementos de la antena de recepción.

245. El método de cualquiera de las reivindicaciones 217 - 244, caracterizado además porque un subconjunto de la pluralidad de elementos de la antena de recepción transmite señales al transmisor terrestre que resulta en un nivel de señal recibido dentro de 10 dB de un nivel de señal máximo recibido desde cualquiera de los elementos de la antena de transmisión.

246. El método de cualquiera de las reivindicaciones 217 - 245, caracterizado además porque el subconjunto de señales transmitidas se transmite mediante al menos 10 % de la pluralidad de elementos de la antena de transmisión.

247. El método de cualquiera de las reivindicaciones 217 - 245, caracterizado además porque el subconjunto de señales transmitidas se transmite mediante al menos diez de la pluralidad de elementos de la antena de transmisión.

248. El método de cualquiera de las reivindicaciones 217 - 247, caracterizado además porque la recepción de una señal de comunicaciones comprende:

la recepción desde una terminal de usuario durante un primer intervalo de tiempo de recepción; y

la recepción desde un nodo de acceso durante un segundo intervalo de tiempo de recepción que no se superpone con el primer intervalo de tiempo de recepción.

249. El método de cualquiera de las reivindicaciones 217 - 248, caracterizado además porque la recepción de una señal de comunicaciones comprende:

la recepción desde una terminal de usuario en una primera banda de frecuencia; y

la recepción desde un nodo de acceso en la primera banda de frecuencia.

250. El método de cualquiera de las reivindicaciones 217 - 249, caracterizado además porque la transmisión de una señal diferente de las señales amplificadas recibidas comprende:

la transmisión hacia una terminal de usuario en una segunda banda de frecuencia; y

la transmisión hacia un nodo de acceso en la segunda banda de frecuencia.

251. El método de cualquiera de las reivindicaciones 217 - 250, caracterizado además porque la transmisión de una señal diferente de las señales amplificadas recibidas comprende:

la transmisión hacia una terminal de usuario durante un primer intervalo de tiempo de transmisión; y

la transmisión hacia un nodo de acceso durante un segundo intervalo de tiempo de transmisión que no se superpone con el primer intervalo de tiempo de transmisión.

252. Un sistema de relé de extremo a extremo que comprende:
medios para inducir trayectos múltiples (1502, 3403) mediante la generación de una pluralidad de señales recibidas desde múltiples observaciones simultáneas de una señal de enlace ascendente recibida de manera inalámbrica desde una ubicación de transmisión; y
medios para transmitir (1502, 3403) la pluralidad de señales recibidas de manera inalámbrica a una ubicación de recepción mediante la amplificación independiente de las señales recibidas para formar un haz por superposición para iluminar la ubicación de recepción.

253. El sistema de relé de extremo a extremo de la reivindicación 252, que comprende, además, medios (502) para formar una señal de enlace ascendente que comprende una superposición de una pluralidad de señales transmitidas que se originan desde una pluralidad de ubicaciones geográficamente dispersas, caracterizado además porque la ubicación de recepción comprende una terminal de usuario (517).

254. El sistema de relé de extremo a extremo de la reivindicación 252, que comprende, además, medios (502) para recuperar una señal de datos de usuario de una pluralidad de las señales recibidas, caracterizado además porque el medio para la retransmisión ilumina una pluralidad de ubicaciones de recepción dentro de un área de cobertura del nodo de acceso (3450).

255. El sistema de relé de extremo a extremo de la reivindicación 254, caracterizado además porque la terminal de usuario es un área de cobertura de usuario (3460), y el área de cobertura del nodo de acceso es al menos la quinta parte del área de cobertura de la terminal de usuario en el área física.

256. El sistema de relé de extremo a extremo de la reivindicación 252, caracterizado además porque la ubicación de transmisión comprende una terminal de usuario (517).

257. El sistema de relé de extremo a extremo de la reivindicación 252, caracterizado además porque la ubicación de transmisión comprende un nodo de acceso (515).

258. El sistema de relé de extremo a extremo de la reivindicación 252, caracterizado además porque la ubicación de recepción comprende un nodo de acceso (515).

259. El sistema de relé de extremo a extremo de la reivindicación 252, caracterizado además porque la ubicación de recepción comprende una terminal de usuario (517).