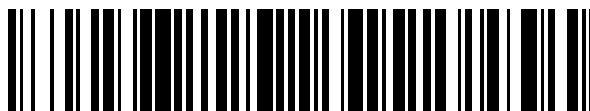


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 791 540**

51 Int. Cl.:

H04L 12/703 (2013.01)
H04L 12/727 (2013.01)
H04L 12/721 (2013.01)
H04L 12/735 (2013.01)
H04L 12/729 (2013.01)
H04J 14/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.01.2018 PCT/EP2018/050457**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.08.2018 WO18149557**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.01.2018 E 18700272 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.02.2020 EP 3494675**

54 Título: **Sistema de Antenas Distribuidas que proporciona redundancia**

30 Prioridad:

15.02.2017 SE 1750140

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

04.11.2020

73 Titular/es:

**MAVEN WIRELESS SWEDEN AB (100.0%)
Torshamnsgatan 39A
164 40 Kista, SE**

72 Inventor/es:

LEWIS, MICHAEL

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 791 540 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema de Antenas Distribuidas que proporciona redundancia

5 Campo técnico

La invención se refiere a un Sistema de Antenas Distribuidas (DAS) y métodos de configuración del DAS.

Antecedentes

10

Un Sistema de Antenas Distribuidas (DAS) es una tecnología para proporcionar cobertura de radio en un área que no puede servirse directamente desde la red de radio móvil general (por ejemplo, túneles en un sistema de metro o un complejo de edificios), y es particularmente ventajoso en aplicaciones en las que múltiples proveedores de servicios inalámbricos necesitan proporcionar cobertura ya que un único DAS puede usarse con muchas estaciones base de radio.

15

En la Figura 1 se muestra un DAS digital típico y consiste en equipo de extremo de cabecera, en este documento denominado como unidades maestras digitales (DMU) 14, 15, que reciben señales de enlace descendente desde un número de estaciones base de radio (RBS) 10-13, y convierten las mismas para su transporte en fibras ópticas 16, 17 a través de una o más unidades de encaminamiento (RU) 18 a un número de nodos remotos 19, 20, denominados en este documento como unidades remotas digitales (DRU), ubicados en el área de cobertura que convierten las señales ópticas en señales de radio que pueden difundirse en antenas accionadas por las DRU 19, 20 para transporte a/desde dispositivos de comunicación inalámbrica 21, 22 tales como teléfonos inteligentes y tabletas. Cada DRU 19, 20 recibe señales de enlace ascendente desde su antena o antenas conectadas y convierte las mismas para su transmisión a través de las fibras ópticas 16, 17 de vuelta a las DMU 14, 15 y hacia delante a las RBS 10-13.

20

25

Generaciones más antiguas de DAS activos transmiten señales de radio de forma analógica en las fibras ópticas en las que las DRU se conectan con módulos de divisor / combinador ópticos; como consecuencia todas las DRU conectadas a la misma fibra reciben la misma combinación de señales (aunque posiblemente con un número de diferentes conjuntos de señales en paralelo a través de multiplexación de división de longitud de onda óptica).

30

DAS activos modernos, como el ilustrado en la Figura 1, transportan las señales de radio en forma de muestras digitales, normalmente a través de conexiones de fibra óptica, aunque no siempre. El transporte de datos digitales permite un encaminamiento y distribución flexible de señales de radio con un grado de control mucho más fino sobre qué señales van con qué DRU, aunque no la penalización de complejidad añadida ya que ya no es posible combinar señales de enlace ascendente a través de combinadores ópticos pasivos: las muestras digitales de enlace ascendente deben sumarse juntas en un nodo activo en el sistema usando procesamiento de señal digital antes de transmitirse hacia delante. La forma más práctica de conseguir una configuración de este tipo es con una conexión en cadena en forma de margarita de DRU en la que cada DRU tiene dos o más conectores de datos y puede reenviar señales entre los conectores, extraer señales de enlace descendente y añadir sus propias señales de enlace ascendente según sea apropiado.

35

40

Un ejemplo de una solución de este tipo se muestra en la Figura 2. La DMU interactúa con una o más estaciones base y envía las señales a través de una red en cadena en forma de margarita de DRU.

45

Una solución alternativa es usar una topología de estrella en la que la distribución de señales se concentra en un número limitado de nodos concentradores que pueden conectarse a muchas DRU. Sin embargo, para un DAS digital de alta capacidad se vuelve inviable implementar un único concentrador con muchas conexiones ya que los dispositivos disponibles con el número requerido de conexiones son caros, y la complejidad del encaminamiento escala con el cuadrado del número de conexiones si tiene que soportarse encaminamiento de cualquiera a cualquiera.

50

Los operadores móviles están dispuestos a evitar interrupciones de los servicios en el caso de fallos de equipo (por ejemplo, una conexión de fibra rota o un nodo de sistema fallido). Para redes de radio de seguridad pública una pérdida de servicio puede ser crítico. Como resultado, las redes de radio como un todo y los DAS que forma parte de las mismas habitualmente tienen un requisito de continuar funcionando en el caso del fallo de un componente de sistema individual de modo que exista tiempo de sustituir el componente fallido de una manera planeada con interrupciones controladas.

55

Para cumplir con estos requisitos, es necesario que deba existir más de una trayectoria entre una DMU y cualquier DRU, y al menos una trayectoria debe permanecer funcional en el caso de fallo de un único nodo o conexión entre nodos. Para DAS analógicos de generaciones más antiguas esto se consigue habitualmente instalando fibras redundantes de modo que las señales aún alcanzan su destino en el caso de que se interrumpa una fibra. Las fibras se instalan normalmente como agrupaciones encaminadas juntas, que añade el riesgo de que puedan romperse varias fibras en un incidente. En este caso puede usarse una configuración en anillo, enviándose las señales en direcciones opuestas alrededor del anillo, de modo que incluso si ambas fibras se interrumpen en algún punto del anillo, aún existe una trayectoria bidireccional para todos los nodos conectados en el anillo.

60

65

5 Donde se usa combinación pasiva, el fallo de un único nodo no afecta a otros nodos conectados a la misma fibra (siempre que el nodo fallido no transmita ruido en la fibra como resultado de su fallo). Sin embargo cuando se hace una combinación activa, como es el caso en un DAS digital, un fallo de un nodo también interrumpe el flujo de datos a través del nodo. En este punto también puede usarse una topología de anillo.

10 La patente de Estados Unidos US 8.737.300B2 describe el uso de una topología de anillo para proporcionar redundancia en un DAS activo digital, en la que cada DRU en el anillo se conecta a un único vecino en cada dirección, con el anillo emanando de una DMU. Esta configuración se muestra en la Figura 3.

15 Una vez que las trayectorias de redundancia están en su sitio, es posible implementar diferentes formas de conmutación por error redundante. Por ejemplo, puede usarse redundancia conmutada (en la que se detecta el fallo de la ruta principal y se conmutan señales para usar la trayectoria redundante) o puede usarse una combinación con lo que las señales desde las trayectorias principales y redundantes se suman juntas de modo que la pérdida de una trayectoria provocará únicamente una reducción en la intensidad de señal, sin una pérdida de señal durante el tiempo necesario para detectar la condición de fallo.

20 Una red de radio típica es demasiado grande para ser servida por una única DMU. Una de las principales ventajas de un DAS digital es que cualquier señal desde una DMU habitualmente puede encaminarse a cualquier DRU. Siempre que exista una trayectoria con una capacidad de tasa de bits de enlace adecuada entre una DMU y una DRU entonces los datos pueden encaminarse, y de nuevo es importante construir el sistema con interconexiones redundantes. Una forma en que esto puede conseguirse es usando conexiones adicionales en los nodos maestros para conectar juntas las mismas, tal como la configuración de anillo redundante mostrada en la Figura 3. El fallo de uno de los enlaces entre las DMU permitirá aún que las señales se encaminen (siempre que esté presente una capacidad de tasa de bits de enlace adecuada en los restantes enlaces).

25 Mientras que las topologías de anillo son útiles para conseguir redundancia, no es seguro conectar un gran número de DRU en un anillo ya que el riesgo de fallo de más de un nodo comienza a aumentar. También, si la DMU a la que se conecta el anillo falla, entonces todas las DRU en ese anillo particular pierden la conexión con el resto del DAS. Una tipología de estrella que se basa en unidades concentradoras centrales es incluso más vulnerable ya que el fallo de la unidad concentradora eliminará todas las unidades conectadas.

30 El documento US 8.737.300 divulga un Sistema de Antenas Distribuidas (DAS) basado en radio definida por software (SDR) que se puede reconfigurar por campos y soporta esquemas de múltiples modulaciones (independiente de modulación), múltiples portadoras, bandas de múltiples frecuencia y múltiples canales. Más específicamente, la presente invención se refiere a un DAS que utiliza uno o más anillos en cadenas en forma de margarita de unidades remotas.

40 Sumario

Un objeto de la presente invención es resolver, o al menos mitigar, este problema y proporcionar un método de configuración mejorado de un DAS digital.

45 Este objeto se logra en un primer aspecto de la invención mediante un método de la reivindicación 1.

Este objeto se logra en un segundo aspecto de la invención mediante un Sistema de Antenas Distribuidas (DAS) digital de la reivindicación 8.

50 Ventajosamente, con la invención, los problemas anteriormente mencionados de topologías de anillo o estrella en la técnica anterior pueden mitigarse, o incluso eliminarse, si todas o algunas de las unidades remotas digitales (DRU) soportan más de dos conexiones de alta velocidad. Esto permite que el sistema se implemente en una configuración de "malla" con conexiones distribuidas entre nodos, proporcionando múltiples posibles trayectorias para transporte de datos redundante.

55 Por lo tanto, las topologías de DAS según se proponen en las realizaciones de la invención proporcionan un mayor grado de redundancia en que, si fallan los enlaces o nodos, se proporciona ventajosamente transferencia de datos a lo largo de trayectorias de datos redundantes.

60 En una realización, el DAS se configura de tal forma que se conectan una o más DMU adicionales a la al menos una DMU y adicionalmente a al menos dos de la pluralidad de DRU.

65 En una realización, para cualquier DMU que transporta datos en una dirección de enlace descendente a un dispositivo de comunicación inalámbrica seleccionado, se selecciona ventajosamente una ruta principal para transportar los datos desde la DMU a la DRU que sirve al dispositivo de comunicación inalámbrica al que los datos tienen que transportarse, cuya ruta principal resulta en una menor métrica de coste de todas las rutas posibles en el DAS. Por ejemplo, la segunda ruta principal puede tener el menor retardo de enlace total de todas las rutas posibles.

5 En una forma de realización adicional, para cualquier DMU que transporta datos en una dirección de enlace descendente a un dispositivo de comunicación inalámbrica seleccionado, se selecciona ventajosamente una ruta redundante para transportar los datos desde la DMU a la DRU que sirve al dispositivo de comunicación inalámbrica al que los datos tienen que transportarse, cuya ruta redundante resulta en una segunda menor métrica de coste de todas las rutas posibles en el DAS. Por ejemplo, la ruta redundante seleccionada puede tener el segundo menor retardo de enlace total de todas las rutas posibles.

10 Ventajosamente, una DMU, por lo tanto, envía datos de enlace descendente a través de la ruta principal y la ruta redundante. A no ser que se produzca cualquier fallo a lo largo de la ruta principal, los datos de enlace descendente llegarán a la DRU seleccionada a través de la ruta principal antes de que los datos de enlace descendente lleguen a la DRU seleccionada a través de la ruta redundante. Por lo tanto, dado que los datos de enlace descendente ya han llegado a la DRU a través de la ruta principal, la DRU descartará simplemente los datos de enlace descendente que llegan más tarde a través de la ruta redundante. Si ningún dato llega a través de la ruta principal, probablemente se ha producido un fallo en uno o más de los enlaces o nodos en la ruta principal, y la DRU usará los datos recibidos a través de la ruta redundante.

20 En una realización más, un criterio ventajoso cuando se selecciona una trayectoria de encaminamiento de datos es que deberían evitarse los puntos potenciales de fallo que son comunes para la ruta principal y la ruta redundante. En un escenario, tales puntos de encaminamiento comunes se evitan por completo para la ruta redundante. En otro escenario, puede seleccionarse un punto de encaminamiento común, pero se penaliza con un factor de coste que aumenta la métrica de coste de una ruta que incluye el punto de encaminamiento común.

25 En otra realización más, un criterio ventajoso cuando se selecciona una trayectoria de encaminamiento de datos es que la capacidad para acomodar los datos a transportar se determina para cualquier punto de encaminamiento. En un escenario, tales puntos de encaminamiento de baja capacidad se evitan por completo para la ruta principal y la ruta redundante. En otro escenario, puede seleccionarse tal punto de encaminamiento de baja capacidad, pero se penaliza con un factor de coste que aumenta la métrica de coste de una ruta que incluye el punto de encaminamiento de baja capacidad.

30 En la descripción detallada se analizarán realizaciones adicionales de la invención.

35 En general, todos los términos usados en las reivindicaciones se interpretarán de acuerdo con su significado técnico en el campo técnico, a no ser que se definan explícitamente de otra manera en este documento. Todas las referencias a "una/un/la/el elemento, aparato, componente, medio, etapa, etc." se interpretarán abiertamente como que hacen referencia a al menos una instancia del elemento, aparato, componente, medio, etapa, etc., a no ser que se indique explícitamente de otra manera. Las etapas de cualquier método divulgado en este documento no tienen que realizarse en el orden exacto divulgado, a no ser que se indique explícitamente.

40 Breve descripción de los dibujos

La invención se describe ahora, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

45 La Figura 1 ilustra un sistema de DAS de la técnica anterior en el que la presente invención puede implementarse;

La Figura 2 ilustra un DAS de la técnica anterior simplificado que comprende una unidad maestra que se conecta a tres unidades remotas sin ninguna provisión de redundancia;

50 La Figura 3 ilustra un DAS de la técnica anterior simplificado que comprende una unidad maestra que se conecta a tres unidades remotas en las que se proporciona redundancia de anillo;

55 La Figura 4 ilustra un DAS de la técnica anterior simplificado que comprende tres unidades maestras interconectadas, conectándose cada unidad maestra adicionalmente a tres unidades remotas, respectivamente, para proporcionar redundancia de anillo;

La Figura 5 ilustra un DAS simplificado de acuerdo con una realización de la invención, en la que se superan los problemas analizados anteriormente en relación con la falta de redundancia;

60 La Figura 6 ilustra un DAS simplificado de acuerdo con una realización adicional de la invención que comprende una pluralidad de unidades maestras; y

La Figura 7 ilustra el DAS de la Figura 6, pero en la que se han incluido métricas de retardo de enlace hipotéticas.

65 Descripción detallada

La invención se describirá ahora más completamente en lo sucesivo con referencia a los dibujos adjuntos, en los que

se muestran ciertas realizaciones de la invención. Esta invención puede, sin embargo, incorporarse de muchas formas diferentes y no debería interpretarse como se limita a las realizaciones expuestas en este documento; en su lugar, estas realizaciones se proporcionan a modo de ejemplo de modo que esta divulgación será total y completa, y expresarán completamente el alcance de la invención a los expertos en la materia. Números de referencia similares se refieren a elementos similares a lo largo de la descripción.

La Figura 1 ilustra un DAS de la técnica anterior típico en el que la presente invención puede implementarse.

La Figura 2 ilustra un DAS simplificado que comprende una unidad maestra que se conecta a tres unidades remotas sin ninguna provisión de redundancia.

La Figura 3 ilustra un DAS simplificado que comprende una unidad maestra que se conecta a tres unidades remotas en las que se proporciona de redundancia de anillo.

La Figura 4 ilustra un DAS simplificado que comprende tres unidades maestras interconectadas, conectándose cada unidad maestra adicionalmente a tres unidades remotas, respectivamente, para proporcionar redundancia de anillo.

Las Figuras 1-4 se han analizado anteriormente y, por lo tanto, no se analizarán adicionalmente a continuación.

La Figura 5 ilustra un DAS simplificado 100 de acuerdo con una realización de la invención, en la que se superan los problemas analizados anteriormente en relación con la falta de redundancia.

Por lo tanto, una unidad maestra digital (DMU) 110 se conecta a una primera unidad remota digital (DRU) 101, que a su vez se conecta a una segunda DRU 102, y así sucesivamente.

Como puede verse, cada DRU se conecta a o bien al menos otras dos DRU (por ejemplo, la quinta DRU 105 que se conecta a la cuarta DRU 104 y sexta DRU 106, indicado con S101), o a otra de las DRU y la DMU 110 (por ejemplo, la sexta DRU 106 que se conecta a la quinta DRU 105 y a la DMU 110, también indicado con S101). En la realización, al menos un subconjunto de las DRU 101-106 se conecta o bien a al menos otra de las DRU y a la DMU 110 o bien a al menos otras dos de las DRU.

Por ejemplo, la segunda DRU 102 se conecta a la primera DRU 101, la cuarta DRU 104 y la DMU 110, indicado con S102.

Incluso aunque cada una de las DRU en la Figura 5 se conecta a al menos otras dos unidades (o bien en forma de otras dos DRU o bien una DRU adicional y la DMU), puede preverse que una o más de DRU se conectan a una única unidad adicional, o bien en forma de otra DRU o bien la DMU.

La DMU 110 preferentemente se conecta a al menos dos DRU. Sin embargo, en esta realización ilustrativa particular, la DMU 110 se conecta a la primera DRU 101, la tercera DRU 103, la cuarta DRU 104 y la sexta DRU 106, indicado con S103.

Los problemas mencionados anteriormente de topologías de anillo o estrella pueden mitigarse o incluso eliminarse si todas o algunas de las DRU soportan más de dos conexiones de alta velocidad. Esto permite que el sistema se implemente en una configuración de "malla" con conexiones distribuidas entre nodos, proporcionando múltiples trayectorias posibles.

En la Figura 5, la segunda DRU 102 se conecta a una tercera de las DRU - en concreto a la cuarta DRU 104 - además de conectarse a la primera DRU 101 y a la segunda DRU 103, y la cuarta DRU 104 se conecta a la segunda DRU 102, la quinta DRU 105 y la DMU 110. Por lo tanto, en esta realización, al menos una del subconjunto de unidades remotas digitales 101-106 se conecta o bien a al menos otras dos de las DRU y a la DMU 110 o bien a al menos otras tres de las DRU.

Por lo tanto, en comparación con las topologías analizadas anteriormente, la topología propuesta en la realización del DAS 100 ilustrado en la Figura 5 proporciona un mayor grado de redundancia en que si, por ejemplo, fallase el respectivo enlace entre la segunda DRU 102 y la primera DRU 101 y entre la segunda DRU 102 y la tercera DRU 103, el DAS es aún capaz ventajosamente de encaminar datos a/desde la segunda DRU a través de la cuarta DRU 104. Por lo tanto, se proporciona ventajosamente una trayectoria de datos redundante.

Como se analizará en detalle a continuación, cualquier encaminamiento de datos a/desde una DMU desde/a una DRU se producirá a través de una ruta principal y a través de una ruta redundante. Esto debería realizarse en la mayoría de las DRU en el DAS, incluso aunque puede preverse que unas pocas de las DRU en el DAS no tendrán acceso a una ruta redundante.

En la práctica, es probable que un DAS comprenda múltiples unidades maestras digitales para tratar una pluralidad de estaciones base de radio.

La Figura 6 ilustra un DAS simplificado 200 de acuerdo con una realización adicional de la invención que comprende tres DMU 210, 211, 212. En la Figura 6, las DMU 210-212 se conectan directamente o bien a DRU o a otra DMU. Sin embargo, se prevé que las DMU 210-212 pueden conectarse indirectamente o bien a DRU o a otra DMU a través de uno o más nodos intermedios, tales como conmutadores y/o unidades de encaminamiento.

Por lo tanto, la primera DMU 210 se conecta a al menos una segunda DMU 211, indicado con S201.

En esta realización, para proporcionar un grado de redundancia incluso mayor, las tres DMU 210, 211, 212 están interconectadas (ya sea directa o indirectamente a través de nodos de red adicionales).

Con referencia a la Figura 6, todas las unidades en el DAS comprenden habitualmente dispositivos de procesamiento. En la práctica, cualquier encaminamiento determinado por, por ejemplo, la tercera DMU 212 se realiza por una unidad de procesamiento 220 (o sistema de unidades de procesamiento) incorporada en forma de uno o más microprocesadores dispuestos para ejecutar un programa informático 221 descargado a un medio de almacenamiento 222 adecuado asociado con el microprocesador, tal como una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria flash o una unidad de disco duro. La unidad de procesamiento 220, en cooperación con otras unidades de procesamiento en el sistema, se dispone para provocar que el DAS 100 efectúe el método de acuerdo con realizaciones cuando el programa informático apropiado 221 que comprende instrucciones ejecutables por ordenador se descarga al medio de almacenamiento 222 y ejecuta por la unidad de procesamiento 220. El medio de almacenamiento 222 también puede ser un producto de programa informático que comprende el programa informático 221. Como alternativa, el programa informático 221 puede transferirse al medio de almacenamiento 222 por medio de un producto de programa informático adecuado, tal como un Disco Versátil Digital (DVD) o un lápiz de memoria. Como una alternativa adicional, el programa informático 221 puede descargarse al medio de almacenamiento 222 a través de una red. La unidad de procesamiento 220 puede incorporarse como alternativa en forma de un procesador de señales digitales (DSP), un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), un campo de matriz de puertas programables (FPGA), un dispositivo lógico programable complejo (CPLD), etc.

Como puede verse adicionalmente en la Figura 6, la redundancia adicional conseguida que proporciona tres o más enlaces de alta velocidad para una o más de las DRU se logra ventajosamente por DRU 202, 204, 205, 206, 207 y 208.

Como un ejemplo, suponiendo que la segunda DMU 211 desea enviar datos de enlace descendente a un dispositivo de comunicación inalámbrica servido por la segunda DRU 102, la segunda DMU 211 tendría un número de opciones, tres de las cuales se analizarán a continuación.

1) La segunda DMU 211 encamina los datos de enlace descendente a través de la primera DMU 210 y la tercera DRU 203 a la segunda DRU 202.

2) La segunda DMU 211 encamina los datos de enlace descendente a través de la primera DMU 210 y la primera DRU 201 a la segunda DRU 202.

3) La segunda DMU 211 encamina los datos de enlace descendente a través de la cuarta DRU 204 a la segunda DRU 202.

En una realización, la ruta seleccionada a un nodo de destino es la ruta que tiene el retardo de enlace total más pequeño. Si se supone por simplicidad que todos los enlaces tienen el mismo retardo T; la opción 1) resultaría en un retardo de ruta total de 3T, la opción 2) también resultaría en un retardo de ruta total de 3T, mientras que la opción 3) resultaría en un retardo de ruta total de 2T.

Por lo tanto, la opción 3) se seleccionaría como una ruta principal para transportar datos de enlace descendente desde la segunda DMU 211 a la segunda DRU 202.

Como una ruta redundante para transportar datos de enlace descendente desde la segunda DMU 211 a la segunda DRU 202, se selecciona una cualquiera de las opciones 1) y 2).

La segunda DMU 211, por lo tanto, envía los datos de enlace descendente a través de la ruta principal y la ruta redundante. A no ser que se produzca cualquier fallo a lo largo de la ruta principal, los datos de enlace descendente llegarán a la segunda DRU 202 antes de que los datos de enlace descendente lleguen a la segunda DRU 202 a través de la ruta redundante. Por lo tanto, dado que los datos de enlace descendente ya han llegado a la segunda DRU 202 a través de la ruta principal, la segunda DRU 202 descartará simplemente los datos de enlace descendente que llegan más tarde a través de la ruta redundante (y si ningún dato llega a través de la ruta principal, probablemente se ha producido un fallo en uno o más de los enlaces o nodos en la ruta principal).

Para que estas múltiples trayectorias que forman la ruta desde la unidad de transferencia a la unidad de destino se utilicen de forma efectiva, el DAS debe configurar el encaminamiento apropiadamente para explotar la redundancia.

En una topología de anillo simple tal como la que se muestra en la Figura 3, las trayectorias redundantes son obvias inmediatamente y pueden determinarse más o menos en el momento en el que se diseña el sistema. Sin embargo, para un sistema con interconexiones en malla como se propone por la invención, es necesario automatizar el proceso de determinación de un encaminamiento óptimo.

5 En una forma de realización adicional, el encaminamiento debe realizarse adicionalmente de tal forma que la tasa de bits encaminados totales a través de cualquier enlace en la ruta no excede la tasa de bits disponibles en ese enlace. La selección de encaminamiento debe tener en cuenta, por lo tanto, la capacidad de tasa de bits de cada enlace a través del cual se encaminan los datos.

10 Por lo tanto, en esta realización, cuando se determina una ruta basándose en un criterio de retardo de ruta mínimo (o cualquier otro criterio apropiado), no se seleccionará un enlace que no puede acomodar la cantidad de datos a enviarse, mientras que en otra realización, puede seleccionarse el enlace pero se penalizará con un mayor retardo de enlace. En tal caso, la DMU que envía los datos muy probablemente tendrá que disminuir la tasa de los datos enviados.

15 En una forma de realización adicional, el respectivo retardo de enlace se determina midiendo realmente el retardo de cada enlace. Sin embargo, si eso no es posible o significativo, se asigna un retardo estimado apropiado a cada enlace. Puede proporcionarse el mismo retardo estimado a todos los enlaces, o como alternativa se proporcionan retardos estimados diferentes a enlaces diferentes.

20 En otra realización más, un criterio cuando se selecciona una trayectoria de encaminamiento de datos es que deberían evitarse puntos potenciales de fallo comunes para la ruta principal y la ruta redundante. Por lo tanto, debido al riesgo de fallo, debería evitarse cualquier punto de ruta común.

25 De nuevo con referencia a la Figura 6, suponiendo que datos de enlace descendente tienen que distribuirse desde la segunda DMU 211 a un dispositivo de comunicación inalámbrica servido por la octava DRU 208; la segunda DMU 211 tendría muchas opciones de encaminamiento, cuatro de las cuales resultarían en el mismo retardo de enlace total dado que cada enlace tiene el mismo retardo, cuyas cuatro opciones se analizarán a continuación.

30 a) La segunda DMU 211 encamina los datos de enlace descendente a través de la sexta DRU 206 y la quinta DRU 205 a la octava DRU 208.

b) La segunda DMU 211 encamina los datos de enlace descendente a través de la cuarta DRU 204 y la quinta DRU 205 a la octava DRU 208.

35 c) La segunda DMU 211 encamina los datos de enlace descendente a través de la tercera DMR 212 y la novena DRU 209 a la octava DRU 208.

40 d) La segunda DMU 211 encamina los datos de enlace descendente a través de la tercera DMR 212 y la séptima DRU 207 a la octava DRU 208.

Ahora, en esta realización particular no se prefiere usar las opciones a) y b) como rutas principal y redundante, ya que la quinta DRU 205 y el enlace desde la quinta DRU 205 a la octava DRU 208 con comunes para ambas de estas rutas.

45 Como consecuencia, si se produce un fallo en la quinta DRU 205 y/o en el enlace desde la quinta DRU 205 a la octava DRU 208, ni la ruta principal ni la redundante serán capaces de transportar datos desde la segunda DMU 211 a la octava DRU 208.

50 De manera similar, en esta realización particular tampoco es preferible usar las opciones c) y d) como rutas principal y redundante, ya que la tercera DMU 212 y el enlace desde la segunda DMU 211 a la tercera DMU 212 son comunes a ambas de estas rutas.

55 Como consecuencia, si se produce un fallo en la tercera DMU 212 y/o el enlace desde la segunda DMU 211 a la tercera DMU 212, ninguna de la rutas principal y redundante será capaz de transportar datos desde la segunda DMU 211 a la octava DRU 208.

60 Para superar el problema de puntos de fallo potencialmente comunes en este ejemplo particular, la segunda DMU 211 seleccionará cualquiera de las opciones a) y b) como la ruta principal, y cualquiera de las opciones c) y d) como la ruta redundante (o viceversa), evitando de este modo ventajosamente cualquier punto de fallo común para la ruta principal y la redundante.

65 La segunda DMU 211 puede ejecutar, por lo tanto, en una realización un algoritmo en el que tiene que minimizarse el retardo de enlace total, en el que además de determinar el retardo de enlace total (usando o bien un retardo medido o estimado realmente o bien usando una métrica de coste apropiada, tal como una métrica de retardo, asignando una ponderación de retardo de 1 a un enlace, 2 a otro, 3 a aún otro, etc.) los retardos de enlace tienen un factor de coste adicional que refleja cualquier punto de encaminamiento comunes.

Por lo tanto, como se ha analizado anteriormente, los puntos de encaminamiento comunes pueden evitarse por completo cuando se selecciona una ruta redundante, pero también se prevé que puede seleccionarse un punto o puntos de encaminamiento comunes para una ruta redundante, pero esa selección de cualquier enlace o nodo común se penaliza.

Por ejemplo, suponiendo que se considera que un enlace dado tiene una métrica de retardo de enlace de "1"; si el enlace es común para la ruta principal y la ruta redundante, puede asignarse a dicho enlace dado una nueva métrica de retardo de enlace de "2", penalizando de este modo la selección de ese enlace dado con una mayor métrica de retardo de enlace.

Para concluir, cuando se determina el retardo de enlace total (TD) de una ruta, los retardos (T) de los enlaces individuales que forman la ruta pueden sumarse juntos en una realización como:

$$TD = \sum_{i=1}^n T_i$$

para ilustrar, se hace referencia a la Figura 7, que ilustra el DAS 200 de la Figura 6, pero en la que se han incluido métricas de retardo de enlace hipotéticas.

De nuevo suponiendo que los datos de enlace descendente tienen que distribuirse desde la segunda DMU 211 a un dispositivo de comunicación inalámbrica servido por la octava DRU 208; las cuatro opciones de encaminamiento a)-d) anteriormente analizadas se analizarán de nuevo a continuación.

a) La segunda DMU 211 encamina los datos de enlace descendente a través de la sexta DRU 206 y la quinta DRU 205 a la octava DRU 208; $TD_a = 0,5 + 0,3 + 0,4 = 1,2$.

b) La segunda DMU 211 encamina los datos de enlace descendente a través de la cuarta DRU 204 y la quinta DRU 205 a la octava DRU 208; $TD_b = 0,5 + 0,2 + 0,4 = 1,1$.

c) La segunda DMU 211 encamina los datos de enlace descendente a través de la tercera DMU 212 y la novena DRU 209 a la octava DRU 208; $TD_c = 0,2 + 0,3 + 0,4 = 0,9$.

d) La segunda DMU 211 encamina los datos de enlace descendente a través de la tercera DMR 212 y la séptima DRU 207 a la octava DRU 208; $TD_d = 0,2 + 0,6 + 0,2 = 1,0$.

Ahora, teniendo en cuenta únicamente el retardo de enlace total - pero no cualquier punto de encaminamiento común a la ruta principal y redundante - se seleccionaría la opción d) como la principal, mientras que se seleccionaría la opción c) como la ruta redundante, ya que estas dos rutas tienen los menores retardos de enlace totales.

En la realización que tiene en cuenta el impacto negativo de los puntos de encaminamiento comunes, cuando se determina una métrica de coste (TD) de una ruta, los retardos (T) de los enlaces individuales que forman la ruta pueden combinarse, en una realización, con un factor de coste de pérdida de redundancia antes de sumarse juntos:

$$TD = \sum_{i=1}^n W_{com} T_i$$

en la que W_{com} indica un factor de coste para puntos de encaminamiento comunes. Por lo general, el factor de coste W_{com} se aplicaría únicamente a la ruta redundante, pero no a la segunda ruta principal.

En este ejemplo particular, un punto de encaminamiento común se penaliza con $W_{com} = 3$ para cualquier ruta redundante posible que incluye el punto de encaminamiento común.

Por lo tanto, en este ejemplo, el retardo total de la opción c) aún sería $TD_c = 0,2 + 0,3 + 0,4 = 0,9$, haciendo de este modo la opción c) la selección de ruta principal.

Sin embargo, para la opción d), se penalizará el enlace entre la segunda DMU 211 y la tercera DMU 212, resultando en la métrica de coste $TD_d = (0,2 \times 3) + 0,6 + 0,2 = 1,4$.

Como puede verse, la opción d) ya no se seleccionaría como la ruta redundante cuando se tienen en cuenta puntos de encaminamiento comunes. En su lugar, la opción b) tiene la segunda menor métrica de coste, siendo en este

ejemplo una métrica de retardo de enlace total: $TD_b = 1,1$.

Se observa que la octava DRU 208 usará la misma ruta principal y ruta redundante a la segunda DMU 211 cuando tienen que transmitirse datos de enlace ascendente a la segunda DMU 211.

En otra realización ilustrativa, el factor de coste no se aplica de una manera multiplicativa, pero se aplica aditivamente:

$$TD = \sum_{i=1}^n (T_i + R_i)$$

en la que R_i indica un factor de coste aditivo para puntos de encaminamiento comunes.

Usando los retardos de enlace de la Figura 7, y suponiendo que $R_i = 1$ para los puntos de encaminamiento comunes; la métrica de coste de la opción c) aún sería $TD_c = 0,2 + 0,3 + 0,4 = 0,9$, haciendo de este modo la opción c) la selección de ruta principal.

Sin embargo, para la opción d), se penalizará el enlace entre la segunda DMU 211 y la tercera DMU 212, resultando en la métrica de coste $TD_d = (0,2 + 1) + 0,6 + 0,2 = 2,0$.

Como puede verse, la opción d) ya no se seleccionaría como ruta redundante cuando se tienen en cuenta puntos de encaminamiento comunes y un factor de coste aditivo R_i . En su lugar, la opción b) tiene la segunda menor métrica de coste, teniendo en este ejemplo la métrica de coste: $TD_b = 1,1$.

En las realizaciones descritas con referencia a las Figuras 6 y 7, se supone que las DMU y las DRU no provocan en sí mismas ningún retardo. Sin embargo, si lo hicieran, el retardo del respectivo modo se añadiría simplemente al retardo del correspondiente enlace para determinar retardo de enlace total desde una DMU a una DRU de destino.

Para concluir, con esta realización, el algoritmo de encaminamiento ejecutado por las DMU (o cualquier otro nodo de red apropiado) también tiene en cuenta ventajosamente el requisito de mantener una trayectoria redundante. Esto se consigue añadiendo un factor de coste en el algoritmo de búsqueda que penaliza una solución en la que se pierde la redundancia (por ejemplo, debido a que las señales principal y redundante se encaminan ambas a través del mismo enlace, o se encaminan a través del mismo nodo, es decir las señales se encaminan a través de al menos un punto de encaminamiento común).

El tamaño relativo de las penalizaciones de redundancia es una decisión para el operador de DAS, por ejemplo:

- Puede prohibirse por completo la pérdida de redundancia, se notificará un fallo si no puede encontrarse una ruta totalmente redundante;
- Puede proporcionarse una ponderación moderada a la pérdida de redundancia provocando en consecuencia un aumento moderado en la métrica de coste de ruta, de modo que puede sacrificarse la redundancia para minimizar el retardo de enlace;
- Puede proporcionarse una ponderación a la pérdida de redundancia que es mucho mayor que el coste de trayectoria posible debido a retardo de enlace, forzando de este modo que el algoritmo de búsqueda priorice redundancia sobre retardo de enlace pero aún encuentra una solución en el caso de que no pueda mantenerse la redundancia.

En situaciones en las que con pueden conseguirse una redundancia completa debido a una falta de trayectorias de encaminamiento disponibles, la interfaz de usuario de sistema podría emitir una alarma destacando los segmentos de la ruta que son un punto de fallo común.

El problema de encontrar un encaminamiento óptimo entre dos nodos en un gráfico (considerando únicamente retardo de enlace) es un problema de trayectoria más corta que se ha estudiado ampliamente. Por ejemplo, puede usarse el algoritmo de Dijkstra para encontrar la trayectoria con menor retardo desde cada DMU a cada DRU en el DAS o puede usarse el algoritmo de Floyd-Warshall para encontrar de forma eficiente la trayectoria de menor retardo entre dos nodos cualquiera. Sin embargo, en la práctica el DAS tiene utilización de capacidad de enlace dinámicamente cambiante dependiendo de qué señales de datos se están encaminando en la actualidad a qué ubicaciones. Estas limitaciones de capacidad significan que no todos los enlaces pueden estar disponibles para encaminar una cierta señal, dependiendo de los requisitos de capacidad de esa señal. Estas limitaciones tienen el efecto de situar "barreras" en el gráfico que deben evitarse. Algoritmos heurísticos tales como el así llamado algoritmo de búsqueda A* proporcionan una forma eficiente de encontrar una solución óptima en un caso de este tipo, en los que la heurística de cada nodo se proporciona por el retardo mínimo calculado desde ese nodo sin tener en cuenta la capacidad de enlace.

Como se ha mencionado anteriormente, cuando se determina una ruta basándose en un criterio de retardo de ruta mínimo (o cualquier otro criterio apropiado), en una realización no se seleccionará un enlace que no puede acomodar la cantidad de datos a enviarse, mientras que en otra realización el enlace puede seleccionarse pero se penalizará con un mayor retardo de enlace.

5 En la realización que tiene en cuenta el impacto negativo de capacidad limitada a través de un enlace, cuando se determina la métrica de coste (TD) de una ruta, los retardos (T) de los enlaces individuales que forman la ruta pueden ponderarse, en una realización, con un factor de coste de capacidad w_{cap} antes de sumarse juntos:

$$10 \quad TD = \sum_{i=1}^n W_{cap} W_{com} T_i$$

Por lo tanto, si se selecciona un punto de encaminamiento (es decir, un enlace y/o un nodo) que no puede acomodar los datos a transmitir; la métrica de retardo de enlace se multiplicará por factor de coste de capacidad $w_{cap} > 1$. Se ha de observar que esta ponderación se aplicará cuando se selecciona la ruta redundante así como cuando se selecciona la ruta principal.

15 En la realización anterior descrita con referencia a la Figura 7, se determina primero la ruta principal (sin ningún coste adicional para redundancia). El algoritmo de encaminamiento calculará en este caso el menor retardo posible para la ruta principal, que habitualmente es deseable ya que la ruta principal será la usada en cualquier situación distinta de un fallo. Después de que se determina la ruta principal, se determina la ruta redundante teniendo en cuenta penalizar ponderaciones por puntos de encaminamiento comunes con la ruta principal.

20 Se observa que en el caso de introducir un factor de coste de capacidad, el factor de coste puede aplicarse aditivamente, como se ha descrito anteriormente.

25 La realización anteriormente descrita, que primero determina la ruta principal y a continuación determina la ruta redundante, podría conducir a un retardo total para la trayectoria redundante que es mayor que el que podría conseguirse si se permite que aumente el retardo de ruta principal.

30 En una realización alternativa, la ruta principal y la ruta redundante se determinan simultáneamente.

Donde la combinación redundante requiere que los retardos entre las dos rutas se equilibren, no existe ningún beneficio en encontrar un menor retardo para la ruta principal ya que en cualquier caso necesita retardarse artificialmente para coincidir con el retardo de ruta redundante. En su lugar, las dos rutas pueden optimizarse juntas para equilibrar retardos.

35 En este caso el algoritmo de búsqueda tiene un grado de libertad añadido en que los posibles cambios de estado entre cada iteración de la búsqueda se definen por la posible siguiente etapa tomada por cada una de las rutas principal y redundante individualmente y el coste de cada enlace que forma la respectiva ruta se define como la suma de los costes de las etapas tomadas para cada una de las rutas principal y redundante, más cualquier coste adicional debido a la pérdida de redundancia. El algoritmo de búsqueda puede guiarse aún por las mismas heurísticas que las usadas en el caso de la ruta única; la heurística para cada estado se define como la suma de las heurísticas para cada ruta. Con este enfoque es, además, posible asignar diferentes ponderaciones relativas al retardo de enlace en las rutas principal y redundante (de forma que aún es posible proporcionar alguna priorización a la ruta principal sobre la trayectoria redundante si se desea).

De nuevo con referencia a la Figura 6, se describirá una realización adicional de la invención.

40 Las realizaciones anteriormente descritas se han centrado en redundancia para el encaminamiento de señal entre una unidad maestra digital y una unidad remota digital. Sin embargo, existe un modo de fallo adicional por el que una propia DMU falla. En este caso, es deseable poder especificar una fuente de señal alternativa de una DMU redundante para proporcionar una opción adicional para repliegue en caso de fallo de DMU.

55 En esta realización ilustrativa, la segunda DMU 211 sirve habitualmente a un primer conjunto de DRU (es decir, las DRU 204, 205, 206), mientras la tercera DMU 212 sirve habitualmente a un segundo conjunto de DRU (es decir, las DRU 207, 208, 209).

60 Como puede verse, la tercera DMU 212 sirve adicionalmente al primer conjunto de DRU 204-206 con señales transportadas a través del segundo conjunto de DRU 207-209.

Por lo tanto, si la segunda DMU 211 fallase, las señales de la tercera DMU ya están ventajosamente encaminadas al primer conjunto de DRU 204-206.

En una realización más, al menos una de las estaciones base (no mostradas) conectadas a la segunda DMU 211 se

configura de tal forma que forma una célula vecina a al menos una de las estaciones base conectadas a la tercera DMU 212.

5 Ventajosamente, puede ordenarse a cualquier dispositivo de comunicación inalámbrica servido por el primer conjunto de DRU 204-206 que traspase a una cualquiera de las DRU 207-209 en el segundo conjunto, reduciendo de este modo cualquier tiempo de inactividad en el que los dispositivos de comunicación inalámbrica están buscando una nueva señal como una alternativa a la señal perdida de la segunda DMU 211.

10 La invención se ha descrito principalmente con referencia a unas pocas realizaciones. Sin embargo, como se apreciará fácilmente por experto en la materia, otras realizaciones distintas de las divulgadas anteriormente son igualmente posibles dentro del alcance de la invención, según se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método de configuración de un Sistema de Antenas Distribuidas digital (200), DAS, que comprende una pluralidad de unidades remotas digitales (201-209) configuradas para proporcionar una interfaz de DAS a dispositivos de comunicación inalámbrica que se conectan al DAS y al menos una unidad maestra digital (210-212) configurada para proporcionar una interfaz de DAS a estaciones base que se conectan al DAS, comprendiendo el método:
- 10 conectar (S101) al menos un subconjunto de las unidades remotas digitales (201-209) de tal forma que cada unidad remota digital en el subconjunto se conecta o bien a al menos otra de las unidades remotas digitales y a la al menos una unidad maestra digital o bien a al menos otras dos de las unidades remotas digitales; y
conectar (S103) la al menos una unidad maestra digital (210-212) a al menos dos del subconjunto de unidades remotas digitales, proporcionando de este modo al menos una trayectoria para transporte de datos redundante; caracterizándose el método en que comprende:
- 15 conectar (S102) al menos una del subconjunto de unidades remotas digitales (202, 204, 205, 206, 207, 208) o bien a al menos otras dos de las unidades remotas digitales y la al menos una unidad maestra digital o bien a al menos otras tres de las unidades remotas digitales;
seleccionar, para cualquier unidad maestra digital (210-212) que transporta datos en una dirección de enlace descendente a un dispositivo de comunicación inalámbrica seleccionado, como una ruta principal para transportar los datos desde dicha cualquier unidad maestra digital a la unidad remota digital (201-209) que sirve al dispositivo de comunicación inalámbrica seleccionado, la ruta que resulta en una menor métrica de coste de retardo de todas las rutas posibles en el DAS (200); y
seleccionar como una ruta redundante para transportar los datos desde dicha cualquier unidad maestra digital (210-212) a la unidad remota digital (201-209) que sirve al dispositivo de comunicación inalámbrica seleccionado la ruta que resulta en una segunda menor métrica de coste de retardo de todas las rutas posibles en el DAS (200).
- 20
2. El método de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente:
conectar (S201) al menos una unidad maestra digital adicional (211, 212) a dicha al menos una unidad maestra digital (210), conectándose adicionalmente dicha al menos una unidad maestra digital adicional a al menos dos de la pluralidad de unidades remotas digitales.
- 30
3. El método de las reivindicaciones 1 o 2, que comprende adicionalmente:
enviar, por la unidad remota digital (201-209) que sirve al dispositivo de comunicación inalámbrica seleccionado, los datos que llegan primero de los datos que se transportan a través de la ruta principal y la ruta redundante desde dicha cualquier unidad de acceso digital (210-212) al dispositivo de comunicación inalámbrica.
- 35
4. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, que comprende adicionalmente:
- 40 determinar puntos de encaminamiento que son comunes para la ruta principal y una ruta redundante; y
seleccionar una ruta redundante alternativa que evita los puntos de encaminamiento comunes determinados para la ruta principal y redundante alternativa.
- 45
5. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, que comprende adicionalmente:
- determinar puntos de encaminamiento que son comunes para la ruta principal y una ruta redundante; y
penalizar, para la ruta redundante, cada punto de encaminamiento individual que es común a la ruta principal y la ruta redundante, cuya penalización provoca un aumento de la métrica de coste para la ruta redundante.
- 50
6. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, que comprende adicionalmente:
- determinar puntos de encaminamiento comunes para la ruta principal y una ruta redundante; y
penalizar cada punto de encaminamiento individual que es común a la ruta principal y la ruta redundante, cuya penalización provoca un aumento de la métrica de coste para la ruta principal y la ruta redundante.
- 55
7. El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende adicionalmente:
- determinar puntos de encaminamiento que no tienen la capacidad de acomodar los datos a transportar; y
seleccionar la ruta principal y la ruta redundante de tal forma que se evitan los puntos de encaminamiento que no tienen la capacidad de acomodar los datos a transportar.
- 60
8. Un Sistema de Antenas Distribuidas digital (200), DAS, que comprende una pluralidad de unidades remotas digitales (201-209) configuradas para proporcionar una interfaz de DAS a dispositivos de comunicación inalámbrica que se conectan al DAS y al menos una unidad maestra digital (210-212) configurada para proporcionar una interfaz de DAS a estaciones base que se conectan al DAS, configurándose el DAS de tal forma que:
- 65

al menos un subconjunto de las unidades remotas digitales (201-209) se conecta de tal forma que cada unidad remota digital en el subconjunto se conecta o bien a al menos otra de las unidades remotas digitales y a la al menos una unidad maestra digital o bien a al menos otras dos de las unidades remotas digitales; y

5 la al menos una unidad maestra digital (210-212) se conecta a al menos dos del subconjunto de unidades remotas digitales, proporcionando de este modo al menos una trayectoria para transporte de datos redundante; caracterizándose el DAS (200) adicionalmente en que se configura para conectar al menos una del subconjunto de unidades remotas digitales (202, 204, 205, 206, 207, 208) o bien a al menos otras dos de las unidades remotas digitales y la al menos una unidad maestra digital o bien a al menos otras tres de las unidades remotas digitales; seleccionar, para cualquier unidad maestra digital (210-212) que transporta datos en una dirección de enlace descendente a un dispositivo de comunicación inalámbrica seleccionado, como una ruta principal para transportar los datos desde dicha cualquier unidad maestra digital a la unidad remota digital (201-209) que sirve al dispositivo de comunicación inalámbrica seleccionado, la ruta que resulta en una menor métrica de coste de retardo de todas las rutas posibles en el DAS (200); y

10 seleccionar como una ruta redundante para transportar los datos desde dicha cualquier unidad maestra digital (210-212) a la unidad remota digital (201-209) que sirve al dispositivo de comunicación inalámbrica seleccionado la ruta que resulta en una segunda menor métrica de coste de retardo de todas las rutas posibles en el DAS (200).

15

9. El DAS (200) de la reivindicación 8, configurándose adicionalmente de tal forma que:

20 al menos una unidad maestra digital adicional (211, 212) se conecta a dicha al menos una unidad maestra digital (210), conectándose adicionalmente dicha al menos una unidad maestra digital adicional adicionalmente a al menos dos de la pluralidad de unidades remotas digitales.

10. El DAS (200) de las reivindicaciones 8 o 9, configurándose adicionalmente para:

25 enviar, por la unidad remota digital (201-209) que sirve al dispositivo de comunicación inalámbrica seleccionado, los datos que llegan primero de los datos que se transportan a través de la ruta principal y la ruta redundante desde dicha cualquier unidad de acceso digital (210-212) al dispositivo de comunicación inalámbrica.

11. El DAS (200) de una cualquiera de las reivindicaciones 8-10, configurándose adicionalmente para:

30 determinar puntos de encaminamiento que son comunes para la ruta principal y una ruta redundante; y seleccionar una ruta redundante alternativa que evita los puntos de encaminamiento comunes determinados para la ruta principal y redundante alternativa.

12. El DAS (200) de una cualquiera de las reivindicaciones 8-10, configurándose adicionalmente para:

35 determinar puntos de encaminamiento que son comunes para la ruta principal y una ruta redundante; y penalizar, para la ruta redundante, cada punto de encaminamiento individual que es común a la ruta principal y la ruta redundante, cuya penalización provoca un aumento de la métrica de coste para la ruta redundante.

13. El DAS (200) de una cualquiera de las reivindicaciones 8-10, configurándose adicionalmente para:

40 determinar puntos de encaminamiento comunes para la ruta principal y una ruta redundante; y penalizar cada punto de encaminamiento individual que es común a la ruta principal y la ruta redundante, cuya penalización provoca un aumento de la métrica de coste para la ruta principal y la ruta redundante.

45

14. Un programa informático (221) que comprende instrucciones ejecutables por ordenador para provocar que el DAS (200) realice etapas citadas en una cualquiera de las reivindicaciones 1-7 cuando las instrucciones ejecutables por ordenador se ejecutan en al menos una unidad de procesamiento (220) incluida en el DAS (200).

50 15. Un producto de programa informático que comprende un medio legible por ordenador (222), teniendo el medio legible por ordenador el programa informático (221) de acuerdo con la reivindicación 14 incorporado en el mismo.

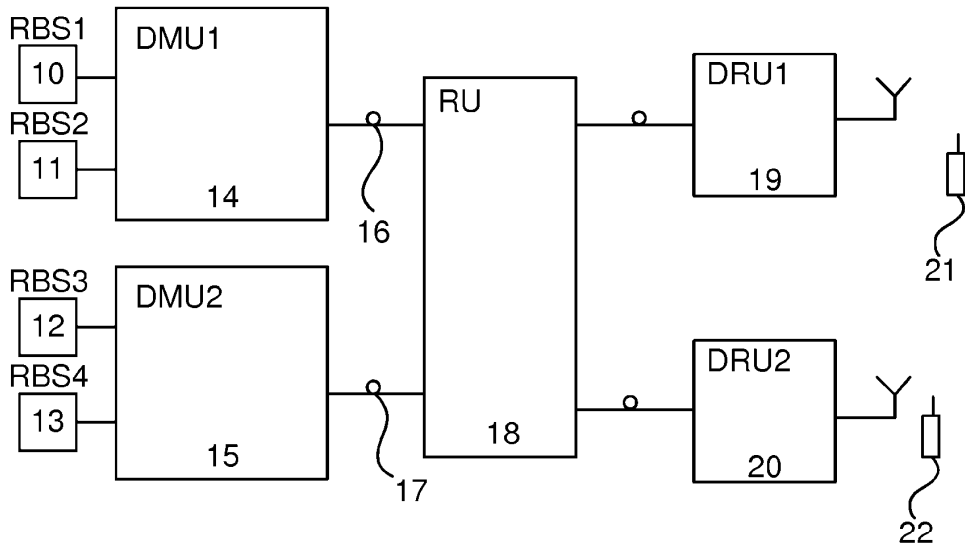


Fig. 1

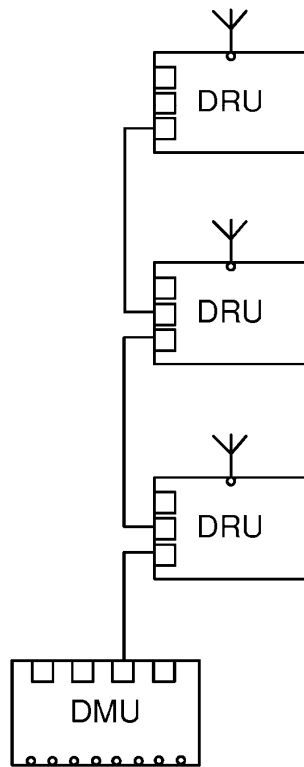


Fig. 2

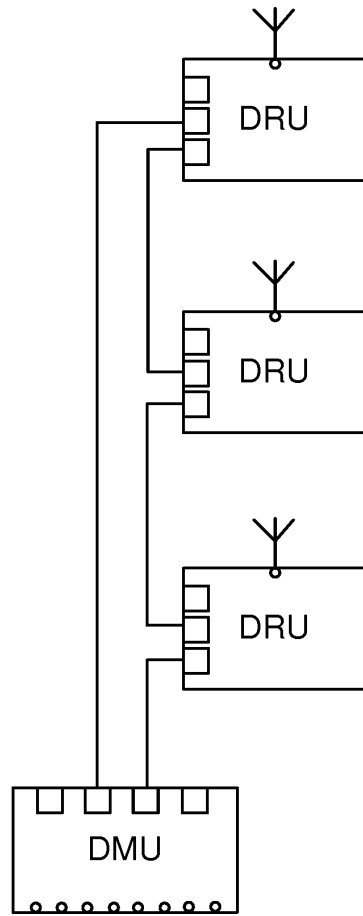


Fig. 3

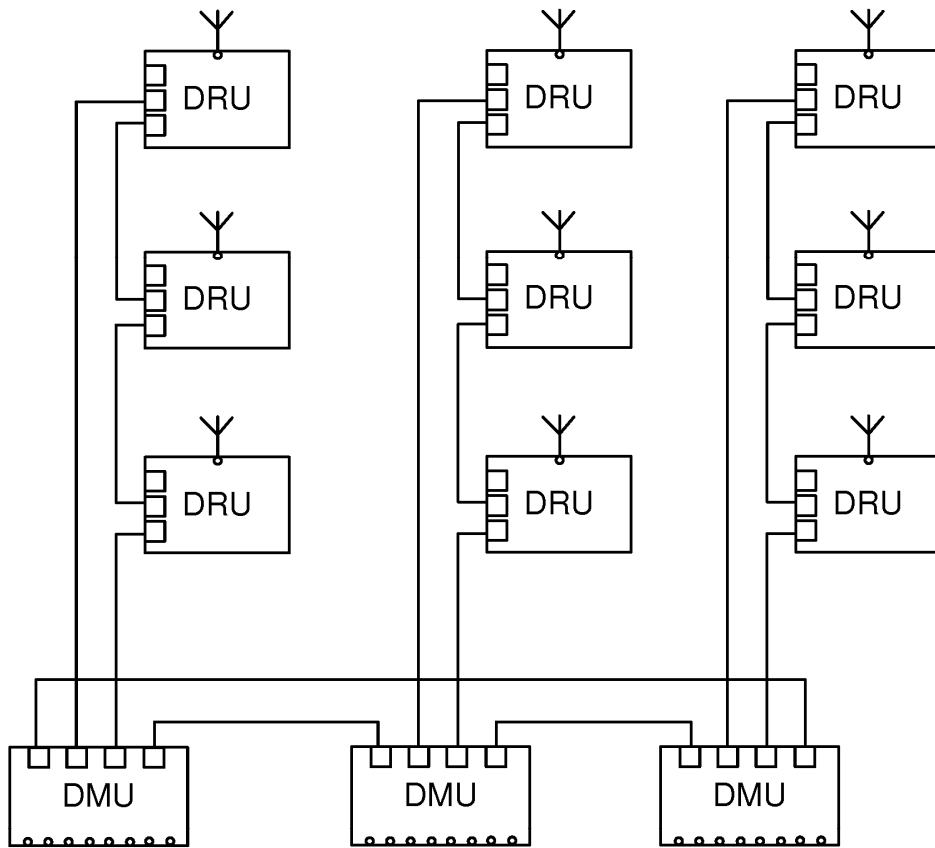


Fig. 4

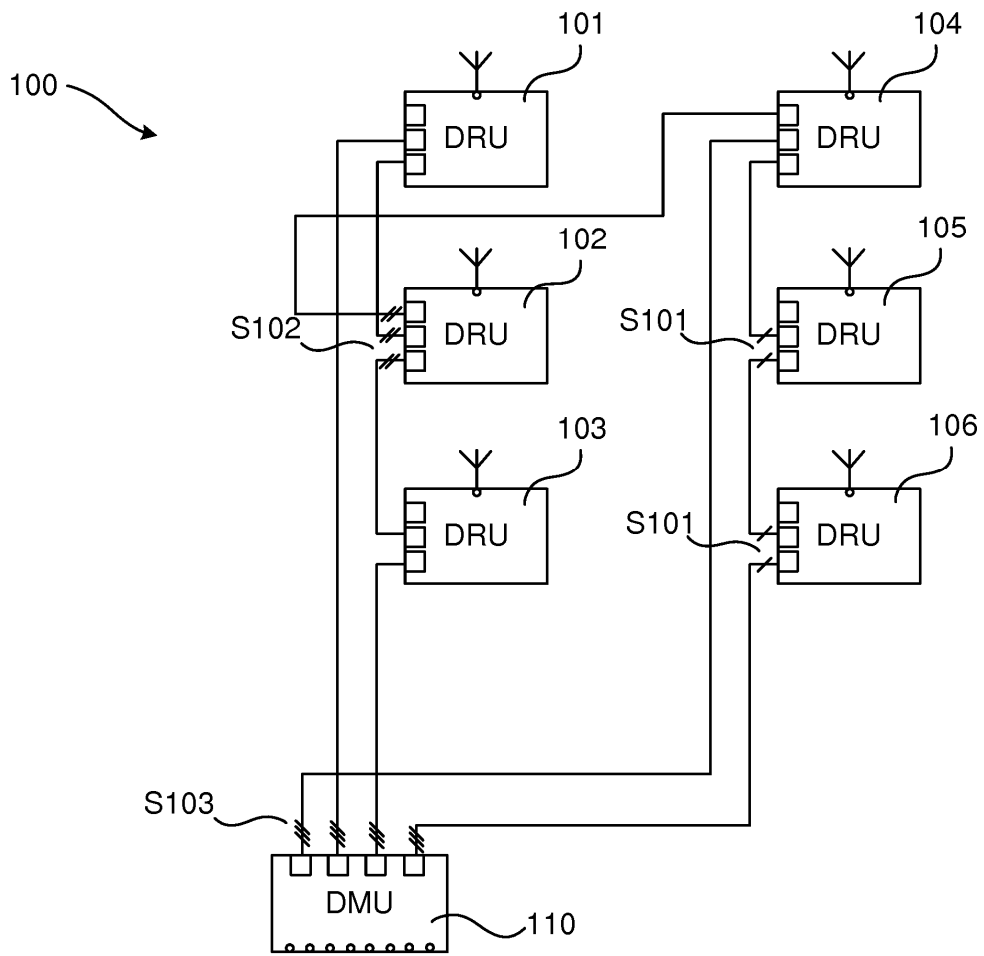


Fig. 5

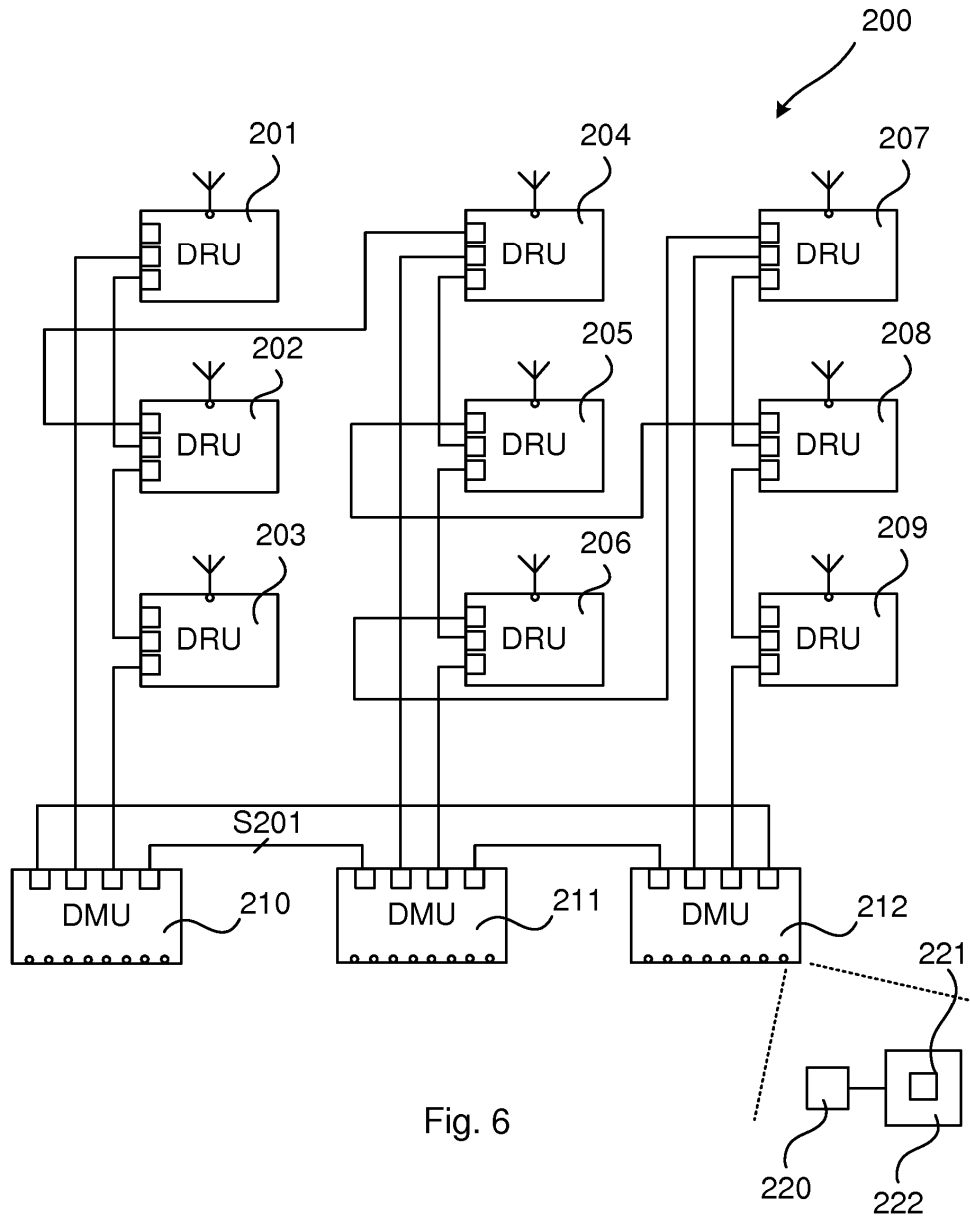


Fig. 6

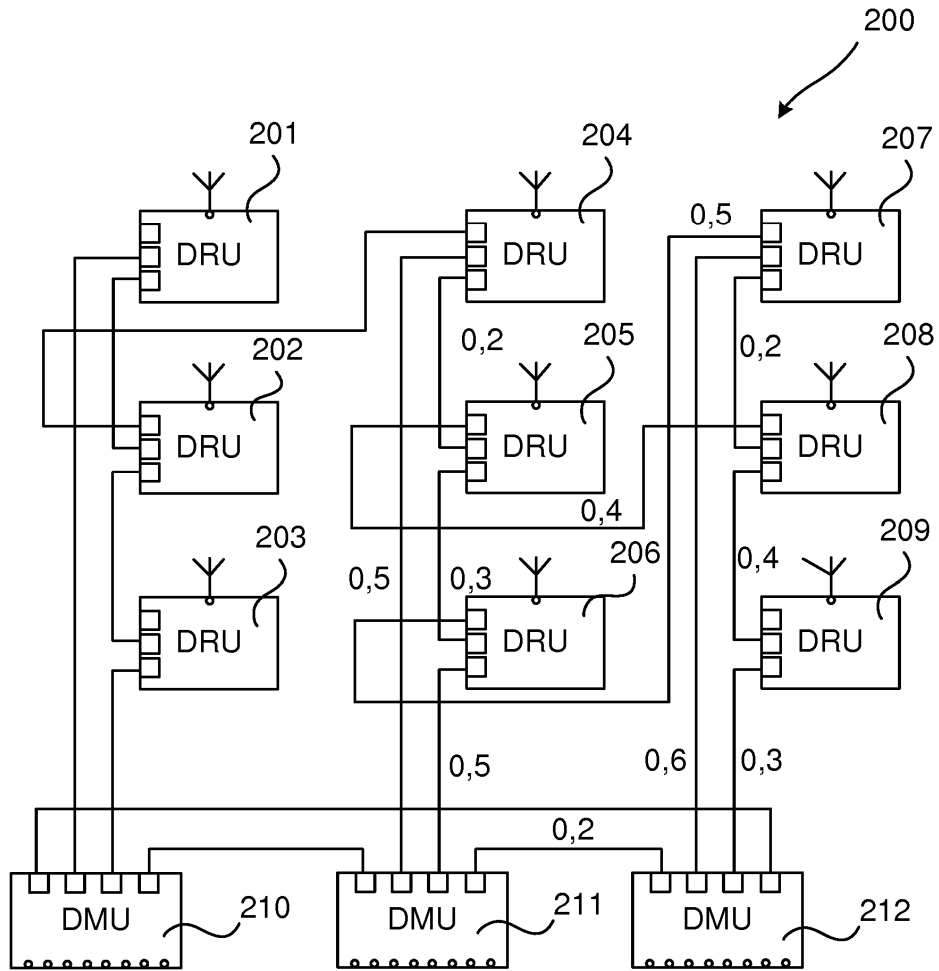


Fig. 7