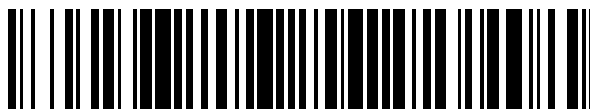


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 691 205**

51 Int. Cl.:

G06F 13/00 (2006.01)

H04L 12/64 (2006.01)

H04L 29/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.10.2014** **PCT/US2014/061332**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.04.2015** **WO15061205**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.10.2014** **E 14856089 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.08.2018** **EP 3060994**

54 Título: **Un sistema de reemplazo de cables robusto y fácil de configurar**

30 Prioridad:

21.10.2013 US 201314058846

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

26.11.2018

73 Titular/es:

OLEUMTECH CORPORATION (100.0%)
19762 Pauling
Foothill Ranch, CA 92610, US

72 Inventor/es:

TANNER, MATTHEW, A.

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 691 205 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

Un sistema de reemplazo de cables robusto y fácil de configurar

Antecedentes de la Invención

Campo técnico

- 5 Esta divulgación se refiere a la transmisión y recepción del estado de las señales eléctricas a través de un enlace de radiofrecuencia entre pares; más específicamente a sistemas de reemplazo de cables por radio.

Antecedentes de la Técnica

- 10 Las instalaciones industriales a menudo tienen sensores y controladores que están alejados de una estación de control y supervisión central. Esto puede ser en operaciones en centrales eléctricas, petrolíferas y químicas, entre muchas otras. Típicamente, los cables eléctricos largos llevan las señales entre ubicaciones remotas y una sala de control. En la actualidad, se conocen muchos dispositivos que reducen la cantidad y la longitud del cableado mediante el uso de una red, particularmente, una red basada en radiofrecuencia, para llevar señales. La solicitud de patente EP2354958A1 describe un sistema en el que un enlace inalámbrico está dispuesto para llevar paquetes de comando a un puerto en serie. En estos sistemas, un dispositivo en un extremo recibe varias entradas eléctricas, determina sus estados y transmite la información del estado a una unidad distante. La unidad distante recibe los datos, y en función de eso, establece sus varias salidas para corresponder al estado de las entradas de la primera unidad, actuando como un reemplazo de cable. Las señales pueden ser del campo a una sala de control, de una sala de control a una ubicación remota, o de otra manera a una distancia la una de la otra. Muchos de estos sistemas son susceptibles a problemas y desventajas, incluida la complejidad de la configuración, latencias impredecibles, puntos únicos de falla y dificultad para diagnosticar problemas.

Algunos de estos problemas y desventajas son la interferencia de radio, la falla en el firmware o hardware de los dispositivos de punto final, falla de red y pérdida de potencia para los dispositivos. Inevitablemente, también se introduce un cierto grado de latencia aumentada.

- 25 Otras desventajas pueden incluir la facilidad de configuración. Mientras se ejecuta un cable largo puede ser un desafío en algunas ubicaciones, no hay otra configuración involucrada que no sea determinar qué conductor en un extremo corresponde a qué conductor en el otro extremo. Por el contrario, los sistemas de reemplazo de cables basados en redes de radiofrecuencia generalmente requieren la descarga de software desde el sitio web del fabricante, usando un ordenador en el campo para descargar configuraciones a cada unidad, y muchas más etapas. Mientras crece en uso, estos sistemas pueden beneficiarse de una configuración más simple y enlaces de radio más robustos y diagnosticables.

Breve resumen de la invención

- 35 La invención se refiere a un subsistema inalámbrico a cableado de acuerdo con la reivindicación 1 y a un procedimiento correspondiente de acuerdo con la reivindicación 15. Un extremo de un par de transmisor/receptor en una conexión de radiofrecuencia entre pares puede caracterizar el estado de una señal de entrada eléctrica y transmitir un bloque de información que incluye un campo de datos representativos de ese estado. El otro extremo receptor puede recibir ese bloque de información y puede detectar si el bloque de información representa una transmisión válida y no interferida. Entonces, puede recrear el estado de la señal de entrada original llevada en el campo de datos en un circuito de salida local reflejado. Como alternativa, el extremo receptor puede establecer el circuito de salida en un estado predeterminado mapeado desde el campo de datos, posiblemente invirtiendo la señal o traduciéndola a un esquema de señalización alternativo.

- 40 En los casos en que se determina que la transmisión o datos recibidos dentro de una transmisión no son válidos, corrompidos, sin llegar a tiempo, atorados, etc., el receptor puede hacer que sus salidas se fuerzen a un estado predeterminado de "a prueba de fallos". Este estado se puede configurar por separado para cada salida y el estado predeterminado de cada salida se puede determinar mediante la configuración de los interruptores físicos utilizados como entradas para indicar las opciones entre las reglas predeterminadas.

- 45 En algunas realizaciones, las unidades de extremo emparejadas pueden ser transceptores con ambos extremos que tienen entradas y salidas, proporcionando una operación bidireccional. Aunque las unidades de extremo que componen el par pueden ser muy similares, el sistema se puede configurar en una disposición maestro/esclavo con cada unidad respectiva operando de acuerdo con una programación distinta. Entre otras formas de emparejar transceptores, pueden emparejarse automáticamente antes de enviarse. Esto incluye cargar la dirección de radio del compañero y las claves criptográficas en las unidades.

Breve descripción de los dibujos

La presente divulgación se comprenderá mejor cuando se lea la siguiente descripción detallada con referencia a los dibujos adjuntos en los que los designadores de referencia similares representan partes similares a través de los

dibujos, en el que:

la FIG. 1 muestra un diagrama de bloques simplificado de una primera realización de un sistema de reemplazo de cable inalámbrico maestro/esclavo, emparejado, reflejado E/S;

la FIG. 2 muestra una vista física del sistema emparejado de la FIG. 1;

5 la FIG. 3 muestra un diagrama de bloques simplificado del módulo controlador/de radio mostrado en la FIG. 1;

la FIG. 4 muestra un diagrama de bloques simplificado de un módulo E/S que es compatible con el sistema de la FIG. 1;

la FIG. 5 muestra una vista simplificada de la temporización de los paquetes intercambiados entre los extremos del sistema emparejado de la FIG. 2;

10 las FIGS. 6A-6B muestran un diagrama de temporización hipotético de la entrada local y las señales salientes remotas vistas en la FIG. 1;

la FIG. 7 es un diagrama de flujo de las acciones de un controlador maestro en el sistema de reemplazo de cable inalámbrico de la FIG. 1;

15 la FIG. 8 es un diagrama de flujo de las acciones de un controlador esclavo en el sistema de reemplazo de cable inalámbrico de la FIG. 1;

La FIG. 9 es un diagrama de flujo de un tratamiento de condiciones de excepción tanto para las operaciones de maestro como de esclavo mostradas respectivamente en la FIG. 7 y FIG. 8;

Las FIGS. 10A-10B son diagramas de flujo de las acciones del módulo E/S bidireccional de la FIG. 4.

Descripción detallada de la invención

20 **Estructura**

Los números de referencia se usan para designar porciones y aspectos del sistema. La misma porción o aspecto usados en diversas posiciones y contextos conservará el mismo número de referencia. Debido a los muchos aspectos simétricos de los puntos finales, hay muchos casos de una instancia de una porción del sistema que está duplicada, pero opera de un modo distinto. En esos casos, el número tiene una marca principal.

25 La figura 1 muestra un diagrama de bloques simplificado de un ejemplo de sistema de cableado a inalámbrico a cableado. En este ejemplo simplificado, para mayor claridad, solo dos módulos E/S están asociados a cada punto final. Además, solo se muestran dos señales eléctricas con cada módulo E/S. El lado maestro 100 tiene un módulo 101 de radio acoplado a un módulo 102 controlador que están empaquetados 500 comúnmente. El controlador tiene un UART 103 que se usa como un canal de comunicación local para múltiples módulos 120, 140 E/S.

30 Un módulo 120 E/S tiene una entrada 121 etiquetada y una salida 125M etiquetada. Durante la operación, el sistema actúa para reflejar, o espejar, el estado de la entrada 121 a la salida 121M en el sistema 200 esclavo y también para reflejar el estado de la señal 125 de entrada del lado esclavo a la salida 125M del lado maestro. Las líneas discontinuas 121V, 125V ilustran la transferencia virtual de estas señales de un extremo a otro.

35 El extremo 200 esclavo tiene un módulo de radio del mismo tipo que el maestro acoplado a un controlador 101'. El controlador es físicamente el mismo tipo de unidad que el controlador del lado maestro, pero está programado o configurado para llevar a cabo el papel de esclavo. Similar al lado maestro, la radio y el controlador se empaquetan comúnmente y el controlador se comunica a través de un bus 104' RS-485 de interconexión de subsistema de multiderivación a los módulos E/S conectados. El primer módulo E/S en el lado esclavo 120 es del mismo tipo que el primer módulo 121 en el lado maestro. Tiene una entrada y una salida. El segundo módulo 150 no es del mismo tipo que el segundo módulo 140 del lado maestro, sin embargo, son complementarios. Las dos entradas 141 y 142 del lado maestro se reflejan en las dos salidas 141M y 142M del lado esclavo. Específicamente, el segundo módulo 140 E/S en el lado maestro tiene solo entradas; están etiquetadas 141 y 142. La operación del sistema da como resultado que sus estados se reflejen en las salidas del lado esclavo etiquetadas 141M y 142M. Las líneas discontinuas 141V y 142V ilustran la transferencia virtual de estas señales desde el extremo maestro al extremo esclavo.

45 El empaquetado físico de estos módulos se muestra en la FIG. 2. Los módulos son compatibles con una conexión mecánica a un riel DIN 15. El riel tiene una placa de circuito impreso 202 pasivo para llevar el bus RS-485 entre los módulos. El lado izquierdo de cada subsistema tiene un módulo 500, 500' que contiene el controlador y los subsistemas de radio. Los otros dos módulos son módulos E/S. Como se muestra, son un módulo de cuatro entradas/cuatro salidas y un módulo de ocho entradas. Los bloques 201 terminales para las conexiones eléctricas están en la parte superior e inferior de los módulos E/S y una antena 200 puede ser local para el módulo controlador.

Las siguientes dos figuras muestran diagramas de bloques de módulos particulares con más detalle. La figura 3 es un diagrama de bloques del controlador y el módulo de radio. El módulo 101 de radio en este caso es una versión de amplio espectro Digi International XBee-Pro que opera en la banda científica e industrial de 900 MHz. La operación del controlador está incorporada en un firmware en un microcontrolador 102 MSP430. El microcontrolador se conecta a la radio Digi a través de un puerto en serie 110 a través de un puerto de módulo de radio 501. El segundo puerto en serie del MSP430 se usa para el bus 104 de interconexión y subsistema de multiderivación, después de ser trasladado a nivel por la circuitería 105 a la señal RS-485. La unidad también tiene un botón pulsador 111, un puerto 112 USB, y varios indicadores.

El módulo E/S visto en el diagrama de bloques de la FIG. 4 es una unidad 120 de cuatro entradas/cuatro salidas (de la cual se muestra una sola entrada y una salida en la FIG. 1 más simplificada). Este módulo en particular también está controlado por firmware incorporado en un microcontrolador 130 TI MSP430 que está programado y configurado con firmware para llevar a cabo las acciones del módulo E/S. Cuatro señales de entrada 121, 122, 123 y 124, son recibidas por el acondicionamiento de señal y la circuitería 134 de recepción bajo el control de la programación del microcontrolador. Estos datos recibidos se ponen a disposición a través del bus 104 de interconexión de subsistema de multiderivación, utilizando el protocolo de los módulos para la comunicación mutua. Los datos enviados al módulo a través del bus multiderivación se proporcionan la circuitería 135 acondicionamiento de señal y de enganche de salida para proporcionarse a los circuitos 125M, 126M, 127M y 128M de salida.

En este ejemplo, un interruptor 131 giratorio se usa para determinar una dirección de módulo para identificar de forma única cada módulo E/S. Los interruptores 132 DIP se usan para indicar una salida deseada en una condición predeterminada o a prueba de fallos. En la realización presentada actualmente, se puede indicar que cada salida se establece en uno de tres estados en un estado a prueba de fallos. Uno es "alto", otro es "bajo" y el otro es el último estado bueno transmitido conocido. Esta opción la realiza un usuario a través de la configuración de los interruptores DIP apropiados.

Aquellos que estén informados en el campo comprenderán que se puede tomar lo bajo y lo alto para designar estados lógicos de una señal digital y que no corresponden necesariamente a la magnitud real de una tensión o corriente que es mayor o menor. En otros módulos, las señales analógicas pueden ser compatibles y puede requerirse una designación diferente de las condiciones eléctricas de seguridad, por ejemplo, un nivel de tensión o impedancia particular. Un estado de múltiples valores también podría ser compatible.

Operación

Hay varias fases de la operación que generalmente son comunes al maestro y al esclavo. Incluyen instalación, inicialización, recuperación del estado de las señales de entrada a los módulos de E/S, transmisión el estado de esas señales de entrada, recepción de la información sobre las señales de entrada del otro lado y envío de esa información al módulo E/S apropiado para la salida. También se realizan diversas tareas de comprobación de errores.

Instalación

Debido al empaquetado de la realización descrita actualmente, la instalación de los módulos se realiza simplemente uniéndolos a un riel DIN 15 que tiene una placa de circuito impreso 202 pasivo RS 485. Se puede instalar un módulo controlador y hasta dieciséis módulos E/S en el bus para crear un extremo de un sistema emparejado. Para completar la instalación, cada conmutador giratorio de direccionamiento del módulo E/S se configura con un valor único, las elecciones de estado a prueba de fallos se realizan y codifican en interruptores DIP; y los cables de señalización deseados están conectados a los bloques de terminales.

Llamando al primer sistema instalado el extremo cercano, estas etapas se repiten en el extremo lejano. Uno de los dos extremos está designado como maestro y el otro como esclavo. Eso no lleva un sentido particular de "importancia" de la dirección de la señal o de la ubicación designada. Es simplemente una característica del protocolo de comunicación intraunidad elegido en esta realización.

Los controladores en cada extremo son unidades emparejadas para la direccionabilidad mutua de la radio. Además, los módulos E/S son unidades compatibles e interoperables en las correspondientes direcciones de interruptor giratorio. Es decir, el módulo E/S en el extremo cercano con una dirección de 1 intercambiará información con el módulo E/S establecido en la dirección 1 en el extremo lejano y, por lo tanto, debe ser compatible para proporcionar una función útil. Los módulos de radio utilizados en esta realización son módulos Digi International XBee diseñados para operar usando el protocolo estándar IEEE 802.15.4. Este estándar está diseñado para las llamadas transmisiones de datos de tasa baja.

En el caso de un módulo E/S simétrico, como en la unidad de la FIG. 4, los módulos cercanos y lejanos pueden ser unidades idénticas. Otra opción de configuración es tener unidades que ambas se describen en la FIG. 4 en un nivel de diagrama de bloques, pero podría tener diferentes niveles de señal. Uno próximo a una estación de control podría ser niveles lógicos TTL, mientras que su pareja, de otra manera similar podría tener niveles E/S basados en corriente optoaislada. En ese caso, una señal seguiría su señal correspondiente pero no se reflejaría estrictamente. Otro ejemplo sería un reflejo invertido.

Otro caso de módulos acoplados podría ser un módulo de extremo lejano en la dirección 2 con ocho entradas y un módulo de extremo cercano acoplado en la dirección 2 con ocho salidas. Estos no serían tipos de unidades idénticas, sino que serían unidades compatibles.

Inicialización

- 5 En el encendido o restablecimiento completo, el sistema en cada extremo sondeará en busca de unidades E/S en su bus de semidúplex de multiderivación en direcciones de 0 a 15. En esta realización de ejemplar, los módulos E/S responden en intervalos de tiempo fijos con paquetes de tamaño fijo. Los intervalos de tiempo están determinados inicialmente por la configuración del interruptor giratorio, direcciones más altas que tienen un intervalo de tiempo después de direcciones más bajas. El controlador puede realizar algunas comprobaciones del sistema en este momento para buscar conflictos de direcciones y para hacer un mapa interno de los tipos de módulos instalados. El controlador también puede reasignar direcciones de módulos para mejorar la eficacia. Estas operaciones se realizan de forma independiente tanto en el extremo cercano como en el extremo lejano.

Operación continua general

- 15 Después de las inicializaciones, la comunicación entre sistemas puede continuar. El maestro dirige una ráfaga periódica de una transmisión a la dirección de radio única del esclavo de forma unidifusión. En un modo, esto puede ser una vez por segundo. La ráfaga contendrá un encabezado y un paquete de tamaño fijo para cada módulo E/S encontrado por el maestro. Estos paquetes fueron recuperados previamente por el controlador de cada módulo E/S respectivo sobre el bus de multiderivación.

- 20 El esclavo, que ha estado esperando silenciosamente una transmisión del maestro, recibe la ráfaga periódica e interrumpe los datos recibidos en el encabezado y un paquete de tamaño fijo de módulo E/S. El bus de multiderivación local se usa para enviar esos paquetes a sus respectivos módulos. En función de sus direcciones, los módulos E/S reciben esos paquetes y usan la información para reflejar las señales reflejadas del extremo maestro.

- 25 Para terminar la simetría del sistema reflejado, el controlador esclavo sondea sus módulos E/S en busca de sus respectivas entradas, crea un paquete de datos compuesto y lo transmite, dirigido de forma unidifusión, al maestro. Siempre que esto se haga antes de la próxima transmisión periódica del maestro, el maestro debe recibirlo fácilmente sin conflicto, requisito de control de flujo u otros requisitos de protocolo complejos. El maestro recibe estos datos y envía los respectivos paquetes a sus módulos E/S.

- 30 La figura 5 muestra una vista simplificada de las transmisiones. En intervalos de un segundo, el maestro emite paquetes de datos con numeración de secuencia 300M, 301M. Después de recibir y procesar cada uno de estos paquetes, el extremo esclavo adquiere los datos de sus módulos E/S locales y responde emitiendo un paquete 300S, 301S correspondiente. Un reflejo cuantificado en el tiempo, como se ve en las FIGS. 6A y 6B, es el resultado del muestreo periódico y la transmisión de los estados de las señales de entrada eléctricas.

- 35 Usando las señales del módulo 120 y 120' de la FIG. 1 como un ejemplo, las FIGS. 6A y 6B muestran el muestreo periódico de señales locales que se convierten en señales de reflejadas distantes. La figura 6A muestra señales en sus respectivos puntos de origen y la FIG. 6B muestra el tiempo de las versiones reflejadas de esas señales. Las marcas de tiempo representan segundos.

- 40 Una transición etiquetada 321 genera la transición 322, la transición 323 genera la transición 324, y la transición 325 genera la transición 326. Una cosa a tener en cuenta es que una señal que cambia más rápidamente que el tiempo de la muestra puede tener una transición 327 "transitoria" que no tiene efecto en el extremo lejano.

Operación de maestro

El diagrama de flujo de la FIG. 7 muestra una vista simplificada de las acciones del maestro. En la etapa S100, el controlador sondea sus módulos E/S conectados localmente. Recibe un paquete de datos de tamaño fijo de cada módulo instalado.

- 45 En la etapa S101, los paquetes de los diversos módulos E/S se compilan en un paquete completo para transmisión, que incluye un encabezado con información de direccionamiento, un número de secuencia y un mapa del estado de ese extremo del sistema. En el presente ejemplo, los datos se cifran con claves que están configuradas en los controladores en el momento de la fabricación.

- 50 El controlador luego envía este paquete ensamblado al módulo de radio a través de un bus en serie. El módulo de radio luego envía el paquete por el aire S102. La radio es uno de los muchos tipos de módulos de radio fabricados por Digi International. Digi ofrece una variedad de módulos de radio que difieren en frecuencias de RF y tipos de transmisión, pero teniendo un factor de forma y una interfaz de lado de sistema común. Esto permite variaciones de la presente realización con tipos de radio intercambiables. Las opciones incluyen salto de frecuencia, espectro ensanchado, etc. Por supuesto, ambos extremos de un sistema entre pares tendrán radios mutuamente interfuncionables.

Después de la transmisión, el extremo maestro está disponible para recibir S103, la respuesta correspondiente de su esclavo asociado. Durante este tiempo, se calcula S104 un período de tiempo de espera. Si no se recibe una respuesta adecuada después de un tiempo predeterminado, entonces el control se envía a una secuencia a prueba de fallos mostrada en la FIG. 9.

- 5 Cuando se recibe un paquete apropiado y a tiempo del esclavo, se divide en subpaquetes, cada uno enviado S105 a un módulo E/S respectivo sobre el bus local de multiderivación. El paquete de encabezado también se puede verificar con el número de secuencia correcto y otra compatibilidad de configuración.

- 10 Como el maestro, esta secuencia de acciones determina la periodicidad de la transmisión en todo el sistema. En esta realización, hay dos tasas de transmisión. Como se ha mencionado anteriormente, una de las opciones es una vez por segundo. Esta opción puede ser muy valiosa para señales que cambian lentamente. La duración de la batería y la congestión del tiempo de aire se conservan. Sin embargo, si las señales cambian más rápidamente, o si se desea una latencia reducida, la unidad se puede configurar en un modo "rápido". El modo se alterna mediante el botón pulsador 111 mostrado en las FIGS. 1, 2, y 3. En el modo rápido, la tasa de repetición depende del número de módulos E/S instalados. Con solo un módulo, la tasa de repetición es cada 100 milisegundos. A medida que se agregan más módulos, la tasa "rápida" se acerca al valor de un segundo de la tasa lenta.

Se hace una determinación S106 en cuanto a que la unidad está en un estado de tasa de repetición rápida o lenta. A continuación, un retardo apropiado S107, S108 se inserta. Después del retardo, la secuencia se reintroduce.

Operación de esclavo

- 20 La figura 8 es un diagrama de flujo de la operación del controlador en el extremo esclavo. Su operación es complementaria a la del maestro para lograr resultados en todo el sistema.

En una etapa inicial, el esclavo escucha un buen paquete de unidifusión dirigido desde el maestro S200 emparejado. Ese procedimiento continúa S201 hasta que se produce un tiempo de espera o se recibe un buen paquete. Al recibir un paquete bueno y a tiempo, se divide en subpaquetes y se entrega a los respectivos módulos S202 E/S a través del bus de multiderivación local para la salida.

- 25 A continuación, los módulos E/S son sondeados alternativamente por el controlador para obtener sus respectivos datos de entrada y ensamblarse en un paquete para la transmisión S203. El controlador envía los datos del paquete al módulo de radio. La radio transmite S204 entonces el paquete por el aire dirigido al maestro emparejado. Después de una transmisión, el esclavo regresa a la etapa de espera.

Operación de Tiempo de espera y Manipulación

- 30 La detección de una interrupción en una secuencia o serie de paquetes transmitidos o una interrupción en las transmisiones válidas no siempre es en blanco y negro, pero puede implicar heurística. Un paquete que llega antes o después de lo esperado, un paquete con un número de secuencia fuera de orden o un cambio en la potencia de la señal pueden todos contribuir a una sospecha de manipulación, interferencia o falla técnica. Aunque no siempre es correcto, la lógica en el controlador puede concluir que está ocurriendo un intento de manipulación o atasco de un tercero, que una falla técnica ha tenido lugar, o que las operaciones normales están en curso.

Se puede iniciar una condición a prueba de fallos o predeterminada mediante estas decisiones que tienen lugar en el controlador o posiblemente en módulos E/S individuales. En algunas realizaciones, puede ser posible y valioso intentar distinguir entre fallas "inocentes" y diversos tipos de ataques de terceros y para una realización para tomar diferentes acciones en diferentes circunstancias.

- 40 Los diagramas de flujo de las FIGS. 7 y 8 muestran una ruta de salida en el caso de un tiempo de espera. La figura 9 es una vista muy simplificada del flujo de acciones desde ese punto y muestra la respuesta a un evento de tiempo de espera. También muestra etapas opcionales en el caso de una detección de manipulación. Se puede asumir una detección de manipulación si hay colisiones excesivas por aire, posiblemente indicativo de una denegación de atasco de ataque de servicio. Se puede asumir, basándose en paquetes fuera de secuencia, que podrían ser de un ataque de reproducción. Algunas realizaciones también pueden tener detección de algunas formas de manipulación física. La sospecha de manipulación es un segundo flujo que se muestra en la FIG. 9.

Un flujo de tiempo de espera de las FIGS. 7 u 8 se dirige a la etapa S300 en la FIG. 9 y una detección de manipulación (no mostrada en los otros diagramas de flujo) conduciría a la etapa S301, también visto en la FIG. 9.

- 50 El tiempo de espera y muchas determinaciones de manipulación se realizarían mediante la lógica que opera en el controlador. Estas determinaciones necesitan ser comunicadas a los diversos módulos E/S para dirigirlos a tomar las medidas apropiadas. La información de encabezado en paquetes dirigida a cada módulo E/S indicará una ocurrencia de tiempo de espera en la etapa S300 o una sospecha de manipulación en la etapa S301. Cada módulo puede tomar medidas, o no, sobre esta información.

Común a ambas rutas, en la etapa S302, cualquier paquete cuestionable se descarta y luego se reanudan las

operaciones.

Característica de robustez adicional

Una categoría de ataque o error que puede interferir con la operación implica que un módulo de radio entre en un estado que no responde. La lógica en la porción del controlador puede detectar esta falta de respuesta y controlar una señal para realizar un restablecimiento completo del módulo de radio. Como alternativa, la porción del controlador podría controlar la potencia del módulo de radio y realizar un reinicio completo apagando y encendiendo la radio.

Operación del módulo E/S

Las Figuras 10A y 10B muestran diagramas de flujo del funcionamiento de alto nivel de un módulo E/S como el de la FIG. 4. Cuando se sondea en busca de su entrada recibida, el módulo detecta el estado de sus entradas S400, ensambla un paquete que representa esos datos S401, y envía un paquete al controlador 5402 a través del bus local de multiderivación.

Por separado, cuando un módulo E/S recibe el paquete sobre el bus de multiderivación, determina entonces si es un buen paquete S403 como se ve en la FIG. 10B. El paquete puede contener un código de tiempo de espera o un código de manipulación del controlador. Además, el módulo E/S puede tener su propia manipulación de extremo a extremo o detección de problemas entre él y su compañero de destino.

Si es un buen paquete, en la etapa S405 establece el circuito de salida a los estados eléctricos dictados por los datos del paquete. Opcionalmente, también almacena esto como un paquete S404 bueno conocido por última vez. En módulos E/S con una función a prueba de fallos, un tiempo de espera o una detección de manipulación pueden provocar que el módulo E/S configure sus diversas salidas en un estado a prueba de fallos basado en la configuración. En este caso, en la etapa S406 se leen los interruptores DIP y se realiza una terminación para establecer cada salida a un estado eléctrico preestablecido, o para establecerlo en un último valor conocido. Asumiendo que esos valores se almacenan localmente en el módulo E/S en la etapa S404, las salidas se pueden configurar a esos valores.

Facilidad de configuración

Existen varios factores que contribuyen al llamado sistema de "configuración cero". Un factor es el uso de un sistema entre pares. Esto evita los problemas de redes complicadas y particularmente elimina muchos problemas de configuración. Otro es un procedimiento simple de emparejamiento de unidades para conocer la dirección de cada uno. Esto se puede hacer programando durante la fabricación y proporcionándolos en unidades emparejadas previamente. También se puede lograr mediante otros procedimientos en el campo que se presentan a continuación. Dado que este sistema es modular con un controlador que soporta varios módulos E/S enchufables, también es necesario proporcionar al controlador un mecanismo para dirigir hacia y desde cada módulo E/S. En la realización presentada actualmente, esto se realiza mediante interruptores giratorios en los módulos E/S que están configurados en valores únicos.

Algunos sistemas, como la realización presentada, soportan un estado de salida a prueba de fallos predeterminado para cada salida. Para hacer esto de una manera rica se puede lograr mediante configuraciones de software. En esta realización, estos estados son establecidos por interruptores mecánicos en los módulos E/S, evitando la configuración del software.

Las indicaciones de falla también pueden ser un área para la configuración. Una manera muy simple de lograr esto con la realización descrita actualmente es unir una entrada en el extremo remoto a tierra, o dejarla abierta si el tipo de señal lo permite. En el extremo de la sala de control, la señal normalmente será continuamente baja. Sin embargo, si el estado "a prueba de fallos" de esa salida está configurado en alto, la falla o ataque lo forzará a un estado alto mediante la operación normal del sistema. La heurística se puede usar para intentar distinguir los intentos de manipulación de otras condiciones.

Variaciones

Las inversiones de esta realización de la circuitería de radio podrían integrarse con la circuitería del controlador en lugar de ser una unidad reemplazable modularizada. En las versiones de la realización, los módulos pueden no cumplir con las especificaciones de montaje DIN 15. Las versiones pueden usar un bus con conexión en serie entre módulos en lugar de una placa de circuito impreso pasivo.

El emparejamiento de unidades y la asignación de papeles maestro/esclavo se puede hacer en el campo en lugar de en la configuración de fábrica. Las versiones pueden liberarse por completo de requerir configuraciones de software o comprender tanto la configuración del software como la configuración del interruptor físico local.

Los módulos E/S pueden ser inteligentes en lugar de solo reproducir señales a distancia. Por ejemplo, un módulo E/S podría tener circuitería para la conexión directa a sensores específicos. O un módulo E/S podría incluir un PID.

En el caso de un módulo de salida inteligente, el concepto de a prueba de fallos sería más complicado, pero aún constituiría una característica valiosa.

Realización alternativa

- 5 Una realización alternativa tiene el controlador y las funciones de entrada/salida comúnmente empaquetadas en lugar de modularizadas. Una variación de esta realización tendría la radio empaquetada y cableada por separado a la unidad principal.

REIVINDICACIONES

1. Un subsistema (100) de inalámbrico a cableado que comprende:

(a) un controlador (500) que tiene un puerto (501) de módulo de radio adaptado para conectarse a un módulo (101) de radio, comprendiendo el controlador circuitería (102) lógica para recibir una secuencia de paquetes de datos a través del puerto del módulo de radio, comprendiendo los paquetes de datos, además, al menos un campo de datos que codifica un valor de señal; comprendiendo el controlador una lógica para detectar una interrupción de la secuencia de paquetes de datos y comprendiendo el controlador, además, un bus de interconexión del subsistema (103);

(b) comprendiendo al menos un primer módulo (502) E/S al menos un conmutador físico (132) y circuitería (135) que emite al menos una señal eléctrica de salida (125M), el primer módulo E/S está adaptado para comunicarse con el controlador a través del bus de interconexión del subsistema en el que la comunicación comprende el primer módulo E/S que recibe al menos una porción de los campos de datos de la secuencia de los paquetes de datos del controlador;

comprendiendo el primer módulo E/S, además, circuitería (130) lógica configurada para reflejar el valor codificado en un primer campo de datos a una primera señal de salida, y para actualizar el valor de la primera señal de salida repetidamente a medida que se reciben los paquetes de datos; y

adicionalmente, el subsistema está configurado para forzar la primera señal de salida a un estado predeterminado asociado con la primera señal de salida tras la detección de una interrupción de la secuencia de paquetes de datos por el controlador; estando el estado predeterminado asociado a la primera señal de salida determinado por la configuración del al menos un interruptor físico, indicando una primera configuración un primer estado eléctrico predeterminado, indicando una segunda configuración un segundo estado eléctrico predeterminado, y designando una tercera configuración el estado predeterminado como el estado que se codificó en el primer campo de datos del último paquete recibido antes de la interrupción.

2. El subsistema (100) de inalámbrico a cableado de la reivindicación 1, en el que al menos algunos paquetes de datos comprenden, además, un segundo campo de datos y el al menos un módulo E/S, además, comprende circuitería que emite una segunda señal (126M) de salida asociada al segundo campo de datos, teniendo la segunda señal de salida un estado predeterminado asociado respectivo determinado independientemente por el al menos un interruptor (132) desde el estado predeterminado asociado a la primera señal de salida.

3. El subsistema (100) de inalámbrico a cableado de la reivindicación 1, en el que el al menos un módulo E/S comprende, además:

(a) circuitería configurada para recibir al menos una entrada (121) eléctrica, y

(b) circuitería lógica (130) adaptada para codificar el valor de una primera de la al menos una entrada eléctrica en un campo de datos de un paquete de datos salientes y para presentar el paquete de datos salientes al puerto del módulo de radio para su transmisión.

4. El subsistema (100) de inalámbrico a cableado de la reivindicación 1, en el que al menos una porción de algunos de los paquetes de datos comprende datos cifrados.

5. El subsistema (100) de inalámbrico a cableado de la reivindicación 1, en el que el controlador tiene circuitería para controlar la potencia alimentada al puerto del módulo (501) de radio y está configurado para usar esa instalación para apagar y encender un módulo (101) de radio conectado en casos en los que un módulo de radio conectado no responda al controlador.

6. El subsistema (100) de inalámbrico a cableado de la reivindicación 1, en el que el primer módulo E/S y el controlador están en paquetes físicamente distintos el uno del otro (FIG. 1) y en el que cada paquete tiene un conector externo que lleva el bus de interconexión del subsistema.

7. El subsistema (100) de inalámbrico a cableado de la reivindicación 6, que comprende, además, una placa de circuito impreso pasivo configurada para acoplarse operativamente a los conectores externos.

8. El subsistema (100) de inalámbrico a cableado de la reivindicación 1, que comprende, además, un módulo (101) de radio acoplado operativamente al puerto (501) del módulo de radio.

9. El subsistema (100) de inalámbrico a cableado de la reivindicación 8, en el que el controlador está adaptado para configurar el módulo (101) de radio para la comunicación entre pares.

10. El subsistema (100) de inalámbrico a cableado de la reivindicación 8, en el que el módulo (101) de radio está adaptado para la comunicación usando un protocolo IEEE 802.15.4.

11. Un sistema que comprende el subsistema (100) de inalámbrico a cableado de la reivindicación 1 y un subsistema (101') de cableado a inalámbrico operativamente compatible, comprendiendo el subsistema de cableado a inalámbrico:

circuitería (120) configurada para recibir una señal eléctrica (125) de entrada;
circuitería lógica configurada para codificar el valor de la señal eléctrica de entrada e incluir el valor codificado en un paquete de datos saliente e iniciar el paquete de datos saliente para ser transmitido al subsistema de inalámbrico a cableado.

- 5 12. El sistema de la reivindicación 11, en el que el subsistema (101') de cableado a inalámbrico y el subsistema (100) de inalámbrico a cableado se comunican usando un protocolo maestro/esclavo entre pares con un sistema que actúa como maestro y el otro sistema que actúa como un esclavo.
- 10 13. El sistema de la reivindicación 12, en el que el sistema que opera como maestro tiene al menos dos, tasas de repetición periódica seleccionables por el usuario, con la selección del usuario mediada por un interruptor físico (132) ubicado dentro de al menos uno de los subsistemas.
- 15 14. El sistema de la reivindicación 13, en el que el subsistema (101') de cableado a inalámbrico y el subsistema (100) de inalámbrico a cableado cada uno, respectivamente, comprende: circuitería (120, 120) de recepción de señales eléctricas, circuitería (120, 120) de emisión de señales eléctricas y están configuradas cada una para transmitir paquetes que contienen codificaciones de señales recibidas al otro subsistema y están configuradas también cada una para recibir paquetes del otro subsistema que contienen señales codificadas a emitir; por lo que se proporciona una reflexión de señal bidireccional.
- 20 15. Un procedimiento para provocar que una señal eléctrica emitida desde un primer sistema, que comprende interruptores físicos, siga el estado de una señal eléctrica recibida por un segundo sistema distinto, comprendiendo el procedimiento, el primer sistema:
 - (a) recibir una serie de paquetes de datos de unidifusión transmitidos por el segundo sistema a través de un receptor de radio en el primer sistema, conteniendo los paquetes de datos de unidifusión al menos un primer campo de datos que representa el estado de la señal eléctrica recibida por el segundo sistema;
 - (b) actualizar el estado de la señal eléctrica emitida para que se corresponda con el estado de la señal eléctrica representada en el primer campo de datos; y
 - 25 (c) detectar una interrupción en la serie de paquetes de datos de unidifusión, y cuando se detecta una interrupción:
 - (d) forzar la señal eléctrica emitida a un estado predeterminado; estando el estado predeterminado determinado por la configuración de al menos uno de dichos interruptores físicos ubicados en el primer sistema en el que una primera configuración significa un primer estado predeterminado, una segunda configuración significa un
 - 30 segundo estado predeterminado, y una tercera configuración significa que el estado predeterminado es el estado representado en el primer campo de datos de la última serie de paquetes de datos de unidifusión recibidos antes de la interrupción en la serie de paquetes de datos.

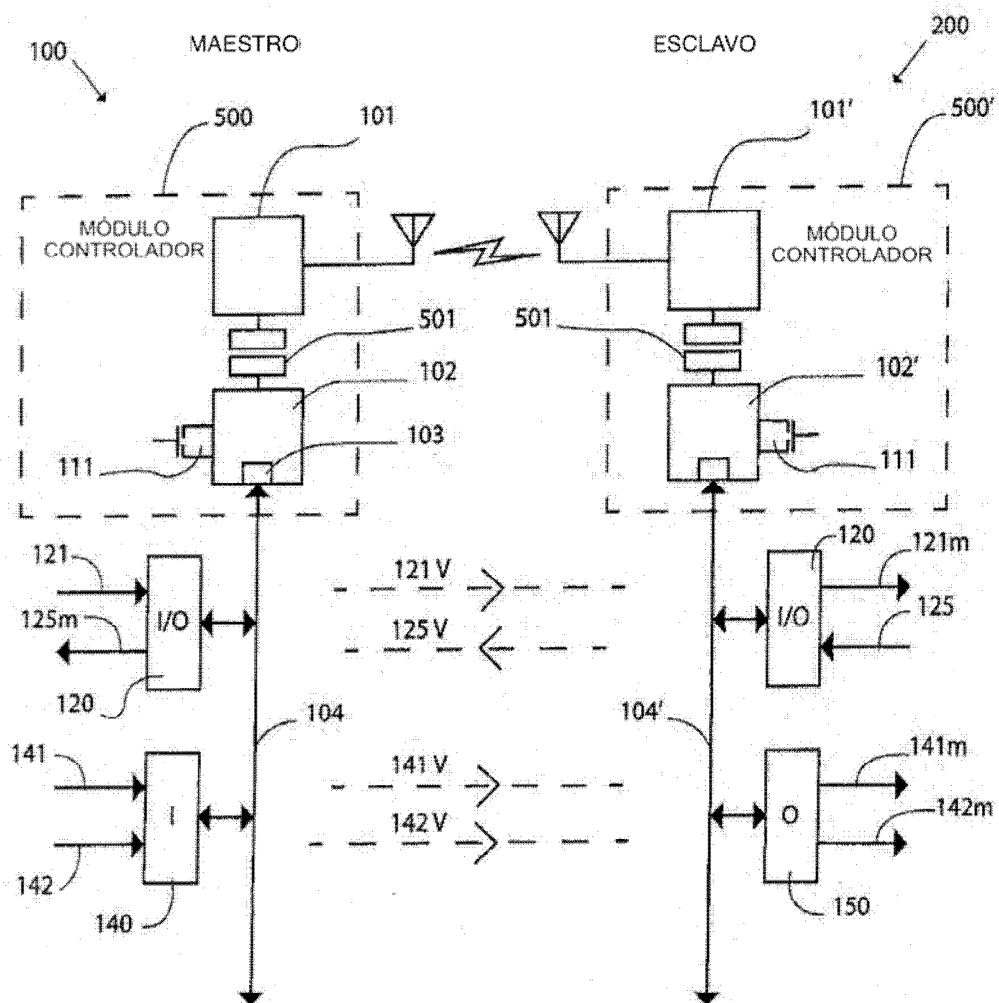


FIG. 1

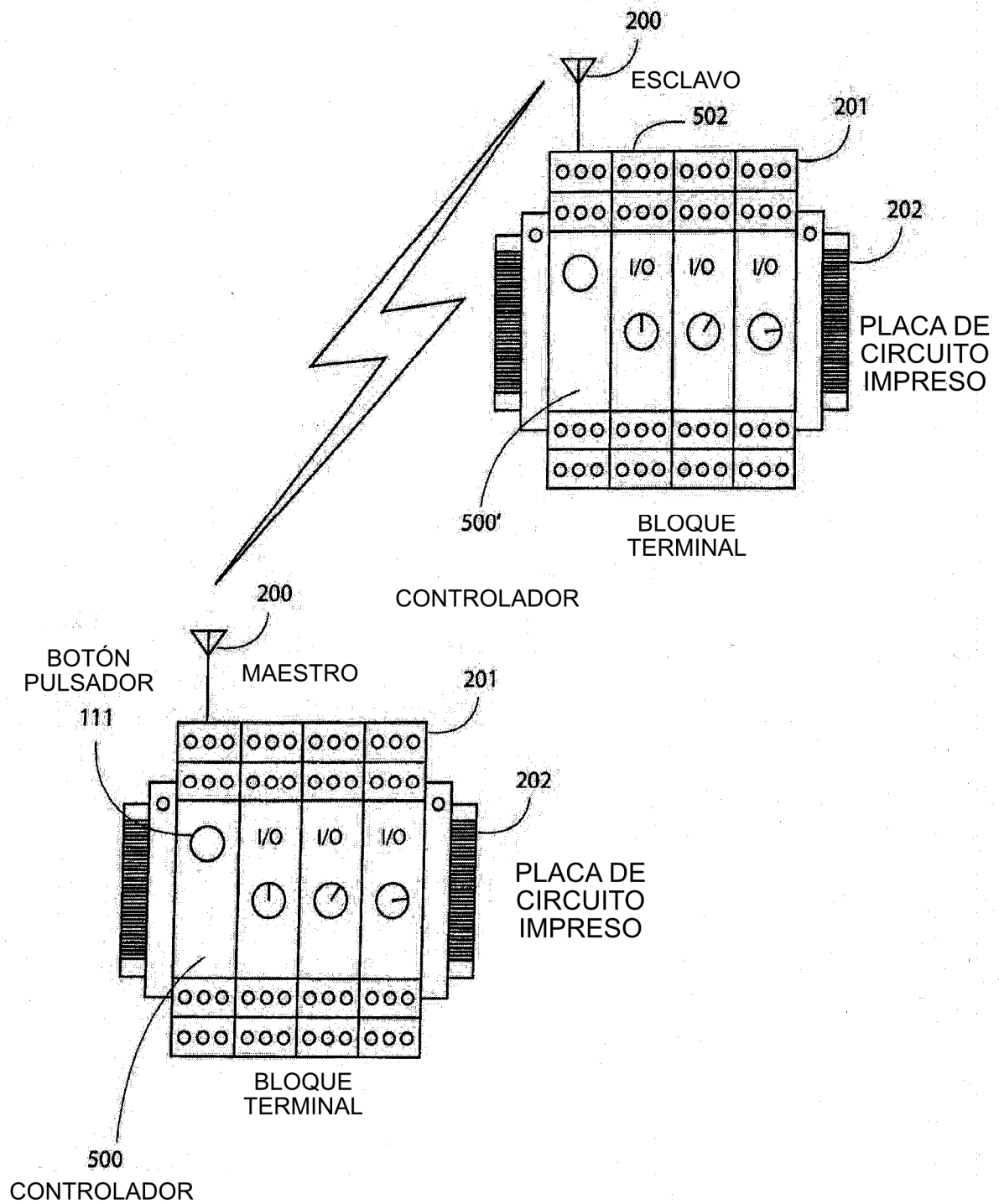


FIG. 2

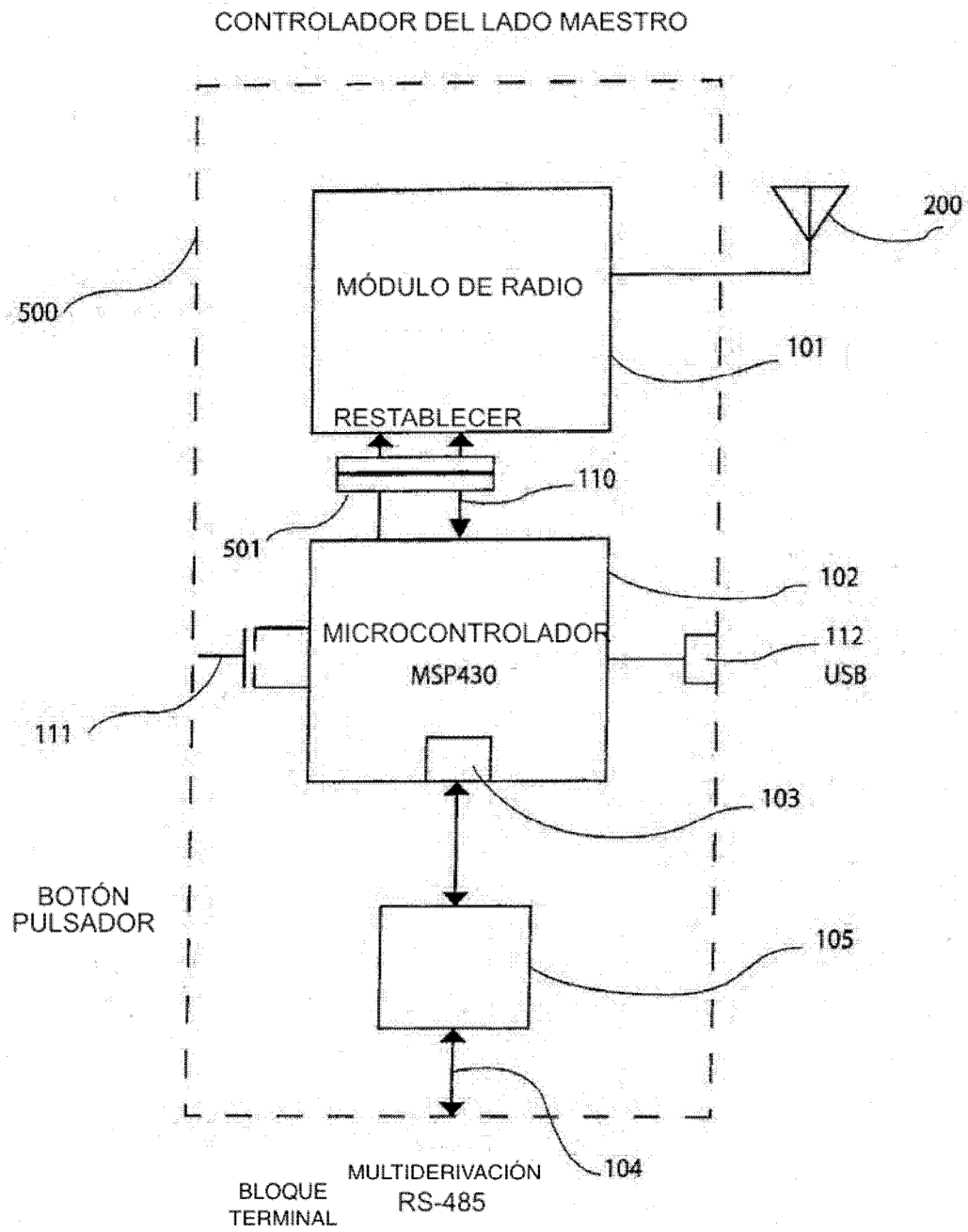


FIG. 3

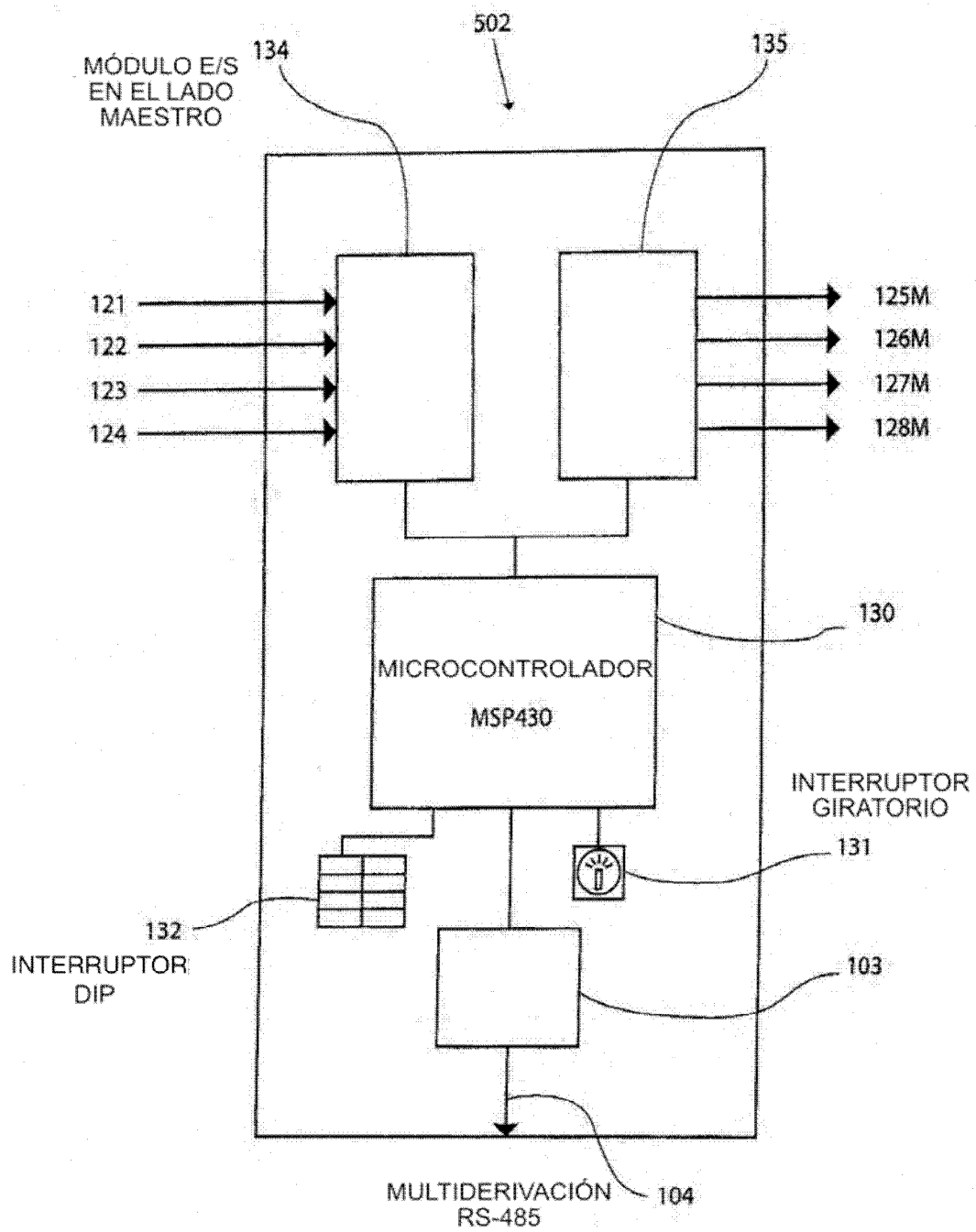


FIG. 4

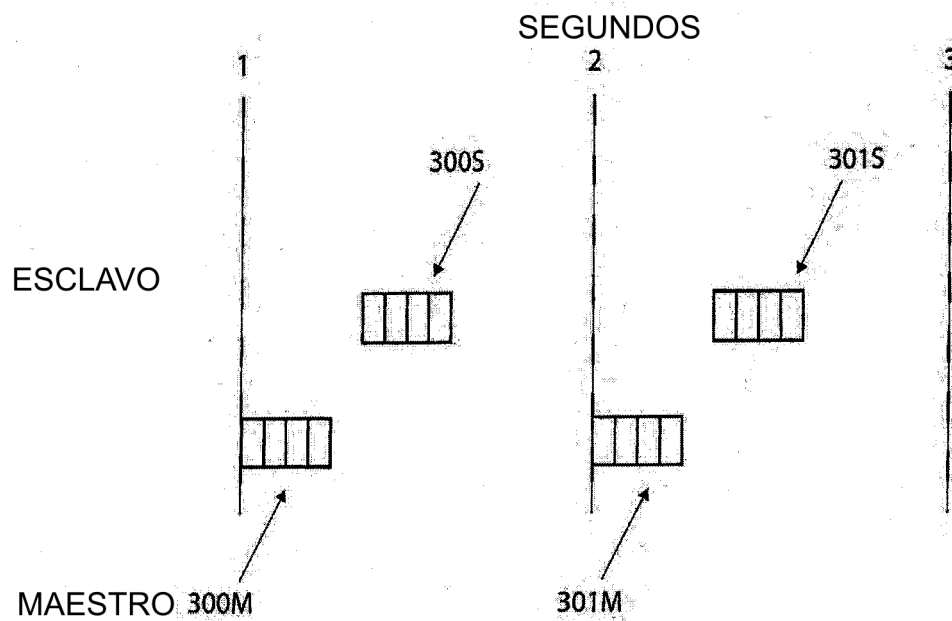


FIG. 5

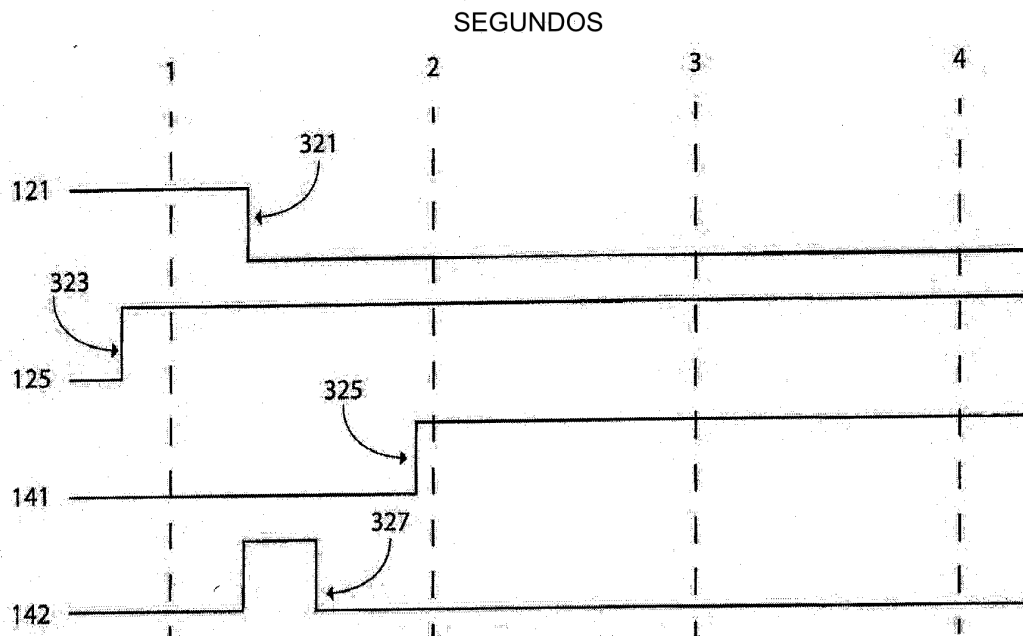


FIG. 6A

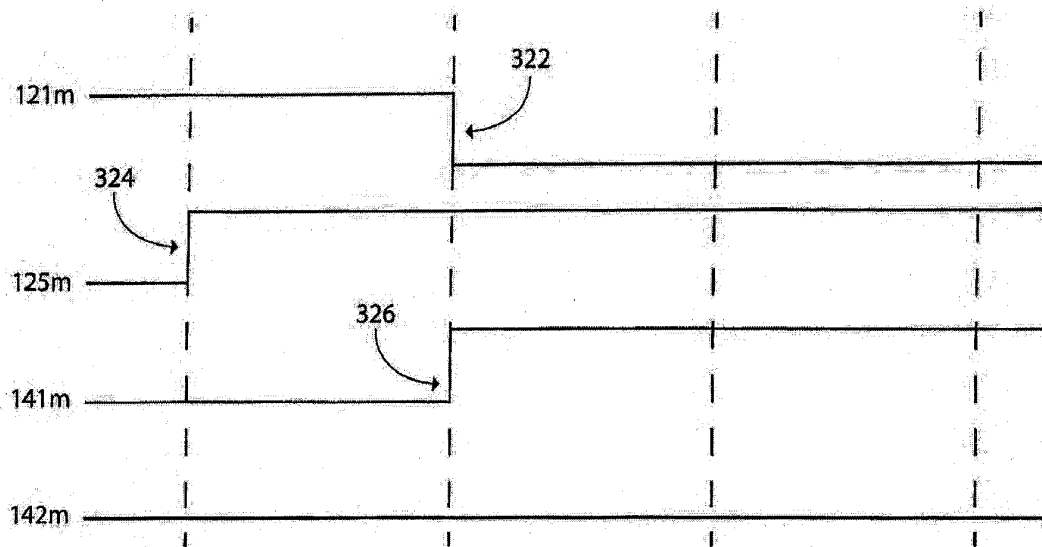


FIG. 6B

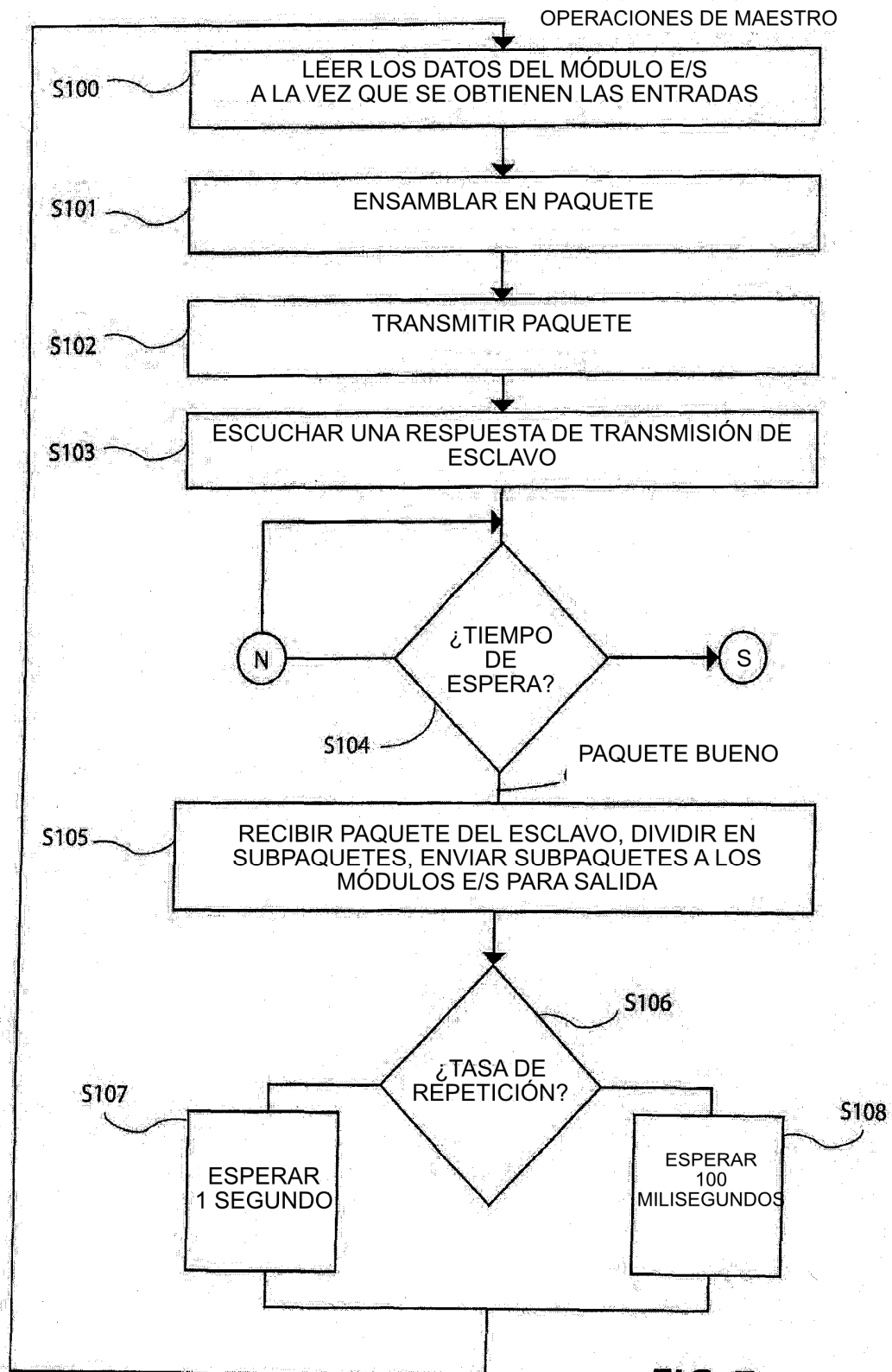


FIG. 7

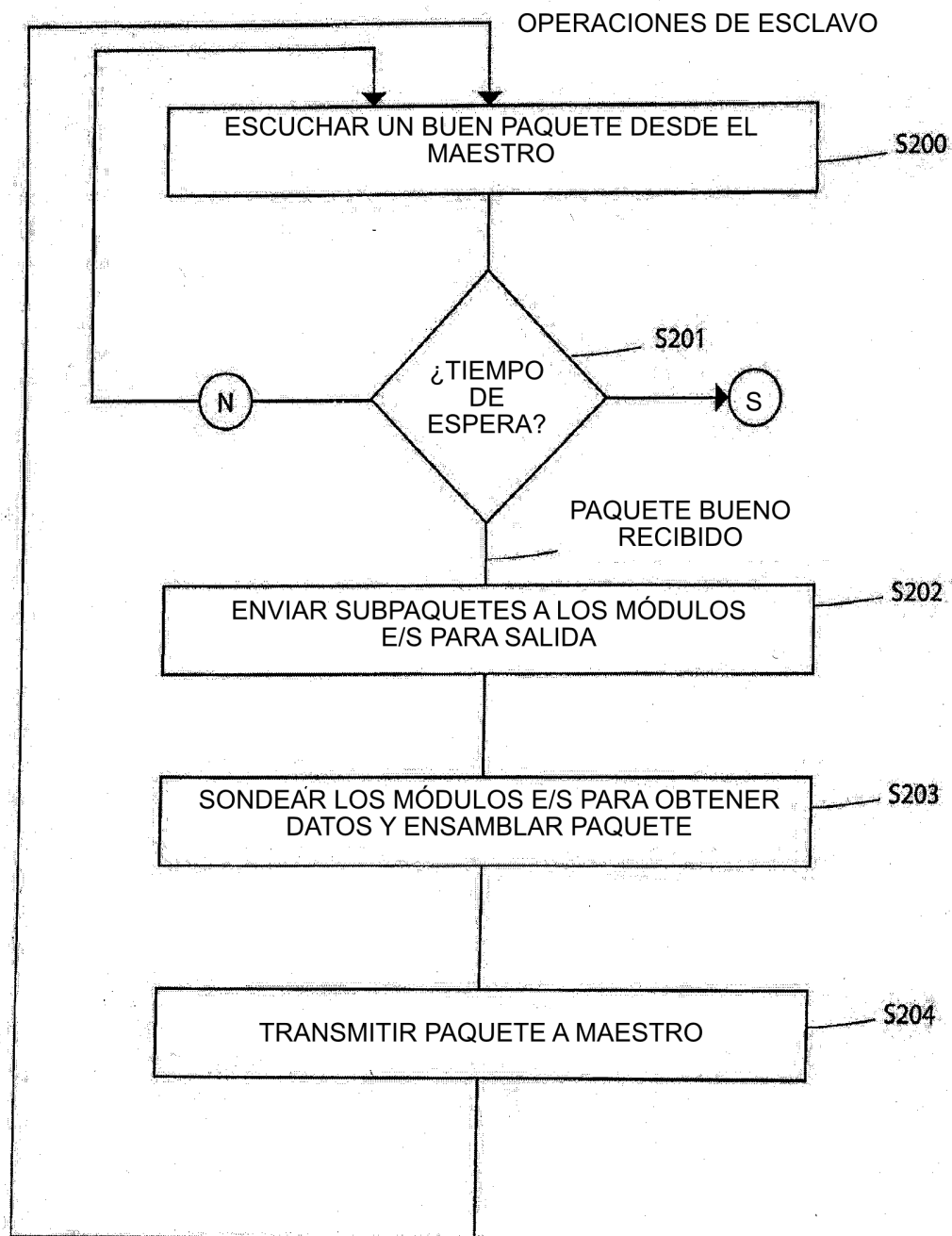


FIG. 8

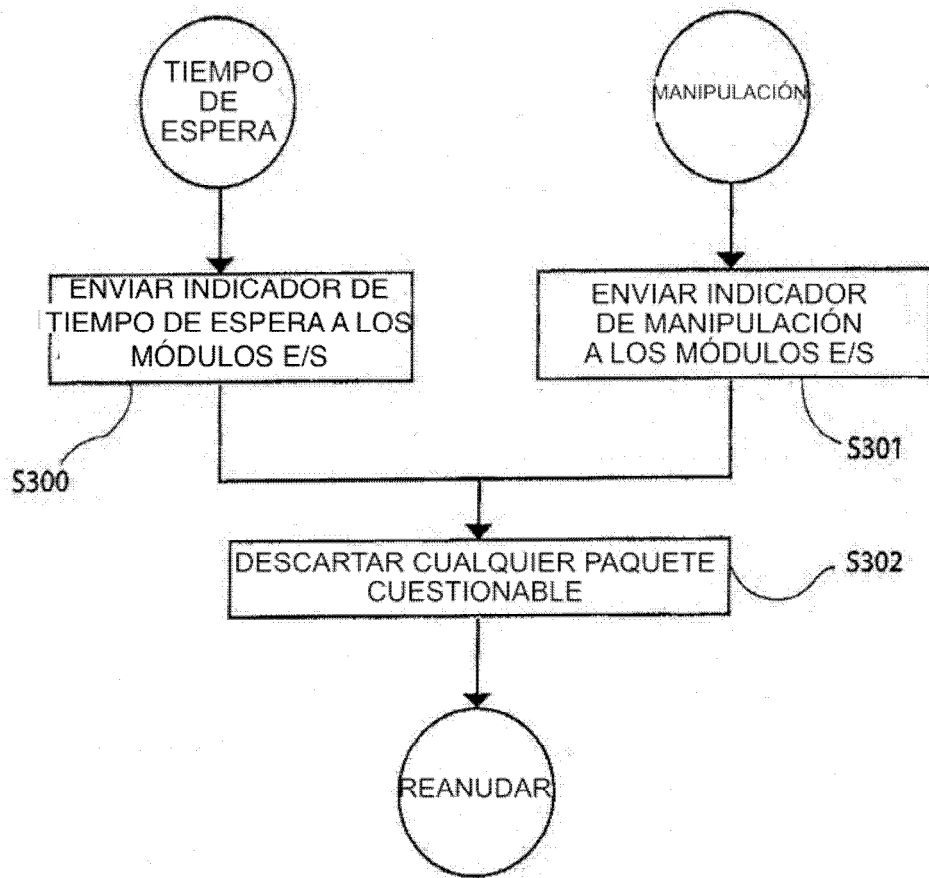


FIG. 9

I/O

