



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 273 769**

51 Int. Cl.:
F42C 15/40 (2006.01)
F42D 1/05 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Número de solicitud europea: **01120330 .4**
86 Fecha de presentación : **24.08.2001**
87 Número de publicación de la solicitud: **1186852**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **13.03.2002**

54 Título: **Un sistema en red de dispositivos pirotécnicos.**

30 Prioridad: **06.09.2000 US 656325**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.05.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.05.2007

73 Titular/es:
PS/EMC West, L.L.C. (a Delaware Corporation)
7073 W. Willis Drive, Box 5002
Chandler, Arizona 85226-5111, US

72 Inventor/es: **Nelson, Steven D. y**
Diamond, Michael N.

74 Agente: **Ungría López, Javier**

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 en red de dispositivos pirotécnicos.

Antecedentes de la invención

El campo de esta invención se refiere a un sistema en red de dispositivos pirotécnicos.

Los dispositivos pirotécnicos desempeñan un papel cada vez más importante en vehículos aeroespaciales y sistemas tal como cohetes, aviones y naves espaciales. Como ejemplo, el número de dispositivos pirotécnicos usados en un misil típico se ha incrementado a lo largo de los años de menos de diez hasta doscientos o más. Los dispositivos pirotécnicos adicionales pueden ser usados para varios fines. Por ejemplo, se puede utilizar múltiples iniciadores de menor potencia en lugar de un solo iniciador de mayor potencia para proporcionar flexibilidad en la cantidad de fuerza que puede ser generada en una sola posición en el vehículo. Sin embargo, el uso de dispositivos pirotécnicos adicionales conlleva la carga de infraestructura adicional dentro del vehículo o sistema que usa estos dispositivos. A medida que aumenta el número de dispositivos pirotécnicos en un vehículo o sistema, también aumentan otras varias cosas, como la longitud del cableado, la cantidad de cables, el peso, el número de piezas, el uso de potencia, la complejidad del sistema, el tiempo de fabricación y el costo del sistema. En un entorno como un cohete o misil, el peso y el volumen son muy importantes, y un aumento del peso y volumen del sistema pirotécnico presenta de empaquetado y gestión de peso que pueden requerir un tiempo considerable de trabajo de ingeniería para resolverlos.

Una fuente de estos problemas es el tamaño y peso de los cables. La figura 1 representa una instalación típica de la técnica anterior de iniciadores pirotécnicos 100, donde cada iniciador pirotécnico 100 está conectado a una unidad de control de disparo 102, que transmite energía de disparo a los dispositivos pirotécnicos 100 cuando se recibe de un controlador 104 una señal de hacerlo. Típicamente, estos dispositivos están conectados en una configuración de bifurcación ineficiente. Es decir, un cable separado 106 conecta cada dispositivo pirotécnico 100 individualmente a una unidad de control de disparo 102. Cada uno de los cables 106 es un cable de alta potencia, blindado para reducir o eliminar la exposición a interferencia electromagnética (EMI), pulso electromagnético (EMP), o interferencia de radio frecuencia (RF) dentro del cable 106. Si el cable no estuviese blindado, estas fuentes de interferencia podrían interferir potencialmente con la operación de uno o más de los dispositivos pirotécnicos 100. Los cables 106 usados son típicamente al menos de calibre 18, porque los cables 106 tienen que transportar típicamente grandes corrientes transitorias de uno a cinco amperios o más durante el disparo. Además, el gran número de cables blindados de alta potencia 106 requerido para la configuración de bifurcación de la técnica anterior es pesado y ocupan un volumen significativo, dando lugar a dificultades de peso y empaquetado dentro de un avión, nave espacial, misil, vehículo de lanzamiento u otra aplicación donde el peso y el espacio son muy importantes. Además, en los sistemas corrientes, cada unidad de control de disparo 102 solamente puede soportar típicamente un número relativamente pequeño de dispositivos pirotécnicos 100. Así, pueden ser necesarias múltiples unidades de control de disparo

102, incrementando más el peso y volumen del sistema pirotécnico general 108.

Los sistemas pirotécnicos usados en sistemas aeroespaciales también requieren típicamente una batería separada del sistema de munición 112 y circuito de potencia, independientes de las baterías de la aviónica del vehículo 110. Este sistema de potencia separado es necesario porque tienen lugar sobrecorrientes en el cableado de potencia cuando se dispara un dispositivo pirotécnico, interfiriendo potencialmente con el sistema aviónico. Para disparar se utilizan típicamente uno o más baterías del sistema de munición separadas 112. Debido al alto suministro de corriente requerido, las baterías del sistema de munición 112 son típicamente grandes y pesadas. Así, una batería separada del sistema de munición 112 y su cableado concomitante aumentan todavía más el peso de un sistema pirotécnico complejo en un vehículo aeroespacial. Se describen circuitos de disparo de munición en US 4674047.

Resumen de la invención

El sistema de munición electrónico en red de la presente invención conecta un número de dispositivos pirotécnicos a un controlador de bus usando cableado más ligero y menos voluminoso, en una arquitectura de red más eficiente, de lo que antes era posible. Cada dispositivo pirotécnico contiene un iniciador, que incluye un conjunto pirotécnico y un conjunto electrónico. La invención se define por las reivindicaciones anexas.

Uno o más dispositivos pirotécnicos contienen un dispositivo lógico que controla el funcionamiento del iniciador. Cada dispositivo lógico tiene un identificador único, que puede estar preprogramado, o asignado cuando el sistema de munición electrónico en red recibe corriente.

En otro aspecto de una realización preferida, dos o más dispositivos pirotécnicos están en red juntamente con un controlador de bus. Las conexiones de red se pueden realizar en serie, en paralelo, o una combinación de los dos. Se usa cableado fino de baja potencia para conectar los dispositivos pirotécnicos al controlador de bus. El cableado, cuando está acoplado con el controlador de bus, es sustancialmente insensible a señales EMI, EMP y RF en el entorno ambiente, y pesa menos que los cables blindados de alta potencia usados en la técnica anterior.

En otro aspecto de una realización preferida, se deben cumplir condiciones de control de disparo tanto digitales como analógicas antes de que un dispositivo pirotécnico pueda ser disparado.

En otro aspecto de una realización preferida, cada dispositivo pirotécnico incluye un condensador de reserva de energía (ERC) que guarda energía de disparo al armarse. Almacenando energía de disparo dentro de cada dispositivo pirotécnico, se reducen o eliminan las sobrecorrientes en la red, eliminando por ello la necesidad de baterías del sistema de munición o circuitos de potencia separados.

En otro aspecto de una realización preferida, una pluralidad de iniciadores están empaquetados conjuntamente en un solo sustrato y en red conjuntamente mediante dicho sustrato.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista esquemática de un sistema pirotécnico de la técnica anterior.

La figura 2 es una vista esquemática de un sistema de munición electrónico en red.

La figura 3 es una vista esquemática de un dispositivo pirotécnico para uso en un sistema de munición electrónico en red.

La figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra el proceso por el que el sistema de munición electrónico en red prueba, arma y dispara sus dispositivos pirotécnicos.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

Con referencia a la figura 2, se representa una realización preferida de un sistema de munición electrónico en red 200. El sistema de munición electrónico en red 200 incluye varios dispositivos pirotécnicos 202 interconectados por una red de cables 204, que se puede denominar un bus. La red de cables 204 también conecta los dispositivos pirotécnicos 202 a un controlador de bus 206. En una realización preferida, la red de cables 204 está formada por al menos un cable de dos hilos que suministra potencia de bajo voltaje y baja corriente, y señales de control, a los dispositivos pirotécnicos 202. En el sentido en que se usa en este documento, la palabra "cable" puede referirse a múltiples hilos de un cable asociado, un solo cable, u otros conductores apropiados, tales como placas de circuitos flexibles. La transmisión de corriente eléctrica y la transmisión de señales tienen lugar preferiblemente en el mismo cable en la red de cables 204, eliminando por ello toda necesidad de proporcionar cables de potencia y señal separados. En una realización preferida, la red de cables 204 está formada por cable de par trenzado blindado de sólo 28 de calibre. Tal cable de par trenzado blindado es conocido por los expertos en la técnica. Sin embargo, los cables pueden ser cable de cinta plana, u otro tipo de cable capaz de soportar potencia de bajo voltaje y corriente y señales, si se desea. Además, la red de cables 204 puede estar construida por cables que tiene otros calibres, dependiendo de la aplicación en la que se use la red de cables 204. El tipo específico de cable usado, y su calibre, depende del peso, empaquetado y otras limitaciones impuestas por la aplicación en la que se usa el sistema de munición electrónico en red 200. La red de cables 204 se construye preferiblemente con cable blindado. La red de cables 204 transporta preferiblemente señales digitales y potencia a y del controlador de bus 206. La red de cables 204 suministra preferiblemente potencia eléctrica que tiene una corriente del orden de magnitud de miliamperios. Dado que la red de cables 204 suministra potencia y señales a bajo voltaje y bajo corriente, se puede usar cables flexibles finos, facilitando la integración del sistema de munición electrónico en red 200 a un avión, misil u otro dispositivo.

En una realización, los dispositivos pirotécnicos 202 están conectados en paralelo por la red de cables 204, como se representa en la figura 2, o por otras estrategias de control en paralelo. La conexión en paralelo proporciona un nivel añadido de fiabilidad al sistema de munición electrónico en red 200. Sin embargo, los dispositivos pirotécnicos 202 pueden estar conectados en serie por la red de cables 204. La conexión en serie puede ser ventajosa en una aplicación donde las cuestiones de empaquetado, peso y/o simplicidad son especialmente importantes. La conexión en serie se puede realizar conectando cada uno de los dispositivos pirotécnicos 202 a un solo bus serie, encadenando los dispositivos pirotécnicos juntamente, o por otras estrategias de conexión en serie.

El controlador de bus 206 realiza preferiblemente pruebas y controla el armado y el disparo de dispositivos pirotécnicos 202 mediante la red 204. Preferiblemente, el controlador de bus 206 incluye o consta de un dispositivo lógico programado con instrucciones para controlar la prueba y operación de los dispositivos pirotécnicos 202 y red de cables 204 unida a ellos. El controlador de bus 206 puede ser un ASIC, un microprocesador, una red de puertas programable *in situ* (FPGA), lógica discreta, otro tipo de dispositivo lógico, o su combinación. Dependiendo de la aplicación en la que se usa el controlador de bus 206, el controlador de bus 206 propiamente dicho puede estar conectado a un sistema de control de disparo o sistema de manejo de información asociado con el vehículo o dispositivo en el que se usa el sistema de munición electrónico en red 200. Alternativamente, el controlador de bus 206 puede estar incorporado o combinado de otro modo con uno o más procesadores o sistemas de manejo de información en el vehículo o dispositivo en el que se usa el sistema de munición electrónico en red 200. Además, el controlador de bus 206 puede estar solo, y recibir señales de entrada de un humano o fuente mecánica. El controlador de bus 206 está conectado preferiblemente eléctricamente a una batería de aviónica 110, de la que se toma potencia.

En una realización preferida, cada dispositivo pirotécnico 202 puede ser cualquier dispositivo capaz de iniciación pirotécnica, tal como, aunque sin limitación, ignitores de motor de cohete, ignitores de batería térmica, cortador de pernos, cortadores de cables, y pernos explosivos. Los dispositivos pirotécnicos 202 conectados a un solo controlador de bus 206 no tienen que ser del mismo tipo, sino que más bien pueden ser diferentes tipos de dispositivos pirotécnicos 202 interconectados mediante la red de cables 204. Por ejemplo, un perno explosivo y un cortador de cables pueden estar conectados juntamente mediante la misma red de cables 204. Con referencia también a la figura 3, un dispositivo pirotécnico 202 tiene varios subcomponentes. El dispositivo pirotécnico 202 incluye preferiblemente una interface bus 312. La interface bus 312 es un componente electrónico que acepta preferiblemente señales de la red de cables 204 antes de que las señales pasen también al dispositivo pirotécnico 202. Las interfaces bus son conocidas por los expertos en la técnica. El dispositivo pirotécnico 202 incluye un dispositivo lógico 300 conectado eléctricamente a la interface bus 312. Si la interface bus 312 no se usa, el dispositivo lógico 300 está conectado preferiblemente directamente a la red de cables 204. Un iniciador 304 dentro del dispositivo pirotécnico 202 incluye preferiblemente un conjunto electrónico 308 y un conjunto pirotécnico 310. El conjunto pirotécnico 310 contiene material pirotécnico, y el conjunto electrónico 308 recibe energía de disparo y la dirige al conjunto pirotécnico 310 para disparar. El conjunto electrónico 308 incluye preferiblemente un condensador de reserva de energía (ERC) 302. En el sentido en que se usa en el documento, el término "iniciador" se refiere a la combinación de un conjunto pirotécnico 310 y un conjunto electrónico 308 dentro de un dispositivo pirotécnico 202. Así, un dispositivo pirotécnico 202 tal como un cortador de pernos o cortador de cables incluirá un iniciador 304 que, al disparar, ejerce fuerza en uno o más componentes del dispositivo pirotécnico 202 para producir una acción de corte de perno o de corte de cable.

El ERC 302 se incluye preferiblemente dentro del conjunto electrónico 308. Sin embargo, el ERC 302 puede estar situado en otro lugar en el dispositivo pirotécnico 202 si se desea. A modo de ejemplo y no de limitación, el ERC 302 puede estar situado junto al conjunto electrónico 308, o dentro del dispositivo lógico 300. Además, se puede disponer más de un condensador de reserva de energía 302 dentro del conjunto electrónico 308 o dentro de un solo dispositivo pirotécnico 202. A la recepción de una orden de armado, el ERC 302 comienza a cargar, usando potencia de la red de cables 204. En una realización preferida, el ERC 302 tiene una capacitancia de dos microfaradios, y es capaz de cargar en cinco milisegundos o menos. Sin embargo, el ERC 302 puede tener una capacitancia mayor o menor, o un tiempo de carga mayor o menor, en base a la aplicación particular del dispositivo pirotécnico 202 y el tipo de iniciador 304 usado.

El tipo de iniciador 304 usado variará dependiendo de la aplicación para la que se use el sistema de munición electrónico en red 200. En una realización preferida, se coloca un iniciador puente de película fina 304 directamente sobre un sustrato sobre el que se monta el dispositivo lógico 300. Los iniciadores puente de película fina son actualmente conocidos por los expertos en la técnica. En una realización preferida, el sustrato es flexible y se compone al menos parcialmente de KAPTON® marca de película de poliamida producida por DuPont Corporation. Sin embargo, se puede usar otros materiales aislantes para el sustrato. En una realización preferida, trazas de circuito en el sustrato conectan el dispositivo lógico 300 al iniciador 304. Usando trazas de circuito para conectar el dispositivo lógico 300 al iniciador 304, se elimina la necesidad de unión de alambre al iniciador puente de película fina 304, simplificando el empaquetado e incrementando la fiabilidad. Sin embargo, se puede usar unión de alambre u otros tipos de conexión para conectar el dispositivo lógico 300 al iniciador puente de película fina 304, si se desea. Se puede combinar, si se desea, múltiples iniciadores 304 en un solo sustrato, lo que puede ser ventajoso en aplicaciones donde dos o más iniciadores 304 están situados en estrecha proximidad entre sí. El dispositivo pirotécnico 202 no tiene que utilizar un sustrato, y de hecho se puede omitir ventajosamente el sustrato si se usan otros tipos de iniciador 304. Además, el iniciador 304 no tiene que ser un iniciador puente de película fina, y puede ser cualquier otro tipo de iniciador 304, tal como, aunque sin limitación, un iniciador tradicional en el que un alambre puente pasa a través de un material pirotécnico, o un puente semiconductor donde un puente fino conecta dos mesetas más grandes.

El dispositivo lógico 300 dentro de cada dispositivo pirotécnico 202 es preferiblemente un circuito integrado específico de aplicación (ASIC). Sin embargo, el dispositivo lógico 300 puede ser cualquier otro dispositivo lógico apropiado 300, tal como, aunque sin limitación, un microprocesador, una red de puertas programable *in situ* (FPGA), lógica discreta, o su combinación. Cada dispositivo lógico 300 tiene un identificador único. En una realización preferida, el identificador único es un código almacenado como un objeto de datos dentro del dispositivo lógico 300. Preferiblemente, el identificador único está almacenado permanentemente dentro del dispositivo lógico 300 como un objeto de datos. Sin embargo, un identificador único puede ser asignado a cada dispositi-

vo lógico 300 por el controlador de bus 206 cada vez que el sistema de munición electrónico en red 200 recibe alimentación, puede estar codificado permanentemente en el hardware del dispositivo lógico 300, o de otro modo puede estar asignado de forma única a cada dispositivo lógico 300. El identificador único es preferiblemente digital, y se puede codificar usando cualquier esquema de direccionamiento deseado. A modo de ejemplo y no limitación, el identificador único puede ser definido como un solo bit dentro de palabra de datos que tiene al menos tantos bits como el número de dispositivos pirotécnicos 202 en el sistema de munición electrónico en red 200. Todos los bits en la palabra están puestos bajos, menos un bit puesto alto. La posición del bit alto dentro de la palabra sirve para identificar de forma única un solo dispositivo lógico 300. Se puede usar otros identificadores únicos, si se desea, tal como, aunque sin limitación, códigos numéricos o cadenas alfanuméricas.

Se transmite una señal digital de orden desde el controlador de bus 206 a un dispositivo lógico específico 300 incluyendo un campo de dirección, cuadro u otro indicador en la señal de orden que identifica el dispositivo lógico específico 300 a direccionar. A modo de ejemplo y no de limitación, con referencia de nuevo al ejemplo anterior de un identificador único, una señal de orden puede incluir una trama de dirección que tiene el mismo número de bits que la palabra identificadora. Todos los bits en la trama de dirección están puestos bajos, a excepción de un bit puesto alto. La posición del bit alto dentro de la trama de dirección corresponde al identificador único de un solo dispositivo pirotécnico 202. Por lo tanto, esta orden ejemplar sería reconocida por el dispositivo lógico 300 que tiene el identificador único correspondiente. Como con el identificador único, se puede usar otros esquemas de direccionamiento, si se desea, a condición de que el esquema de direccionamiento elegido sea compatible con los identificadores únicos usados.

El esquema de direccionamiento se puede ampliar preferiblemente de manera que permita que el controlador de bus 206 direcciona un grupo de dispositivos pirotécnicos 202 de una vez, donde ese grupo es del rango de dos dispositivos pirotécnicos 202 a todos los dispositivos pirotécnicos 202. A modo de ejemplo y no de limitación, poniendo más que de bit a alto en la trama de dirección, se puede disparar un grupo de dispositivos pirotécnicos 202, donde el dispositivo lógico 300 en cada dispositivo pirotécnico 202 en dicho grupo tiene un identificador único correspondiente a un bit puesto a alto en la trama de dirección. Como otro ejemplo, una trama de dirección que tiene todos los bits puestos bajos y ningún bit puesto alto puede constituir un indicador de "fuego total", donde cada dispositivo lógico 300 está programado para reconocer una orden asociada con el indicador de fuego total y disparar su dispositivo pirotécnico asociado 202. Se puede usar, si se desea, otros esquemas de disparo de grupo y señales de fuego total.

El diseño y el uso de un dispositivo lógico 300 son conocidos por los expertos en la técnica. Entre otras funciones, el dispositivo lógico 300 está adaptado para probar, armar, desarmar y disparar el dispositivo pirotécnico 202 cuando lo ordene el controlador de bus 206, como se describe a continuación. En una realización preferida, el dispositivo lógico 300 se combina con otra electrónica en el dispositivo pirotécnico 202 para gestión de potencia, seguridad, y protección

contra descarga electrostática (ESD); tal electrónica es conocida por los expertos en la técnica. Se puede disponer dos o más dispositivos lógicos separados 300 dentro de un dispositivo pirotécnico 202, si se desea. Si se usan múltiples dispositivos lógicos 300, la funcionalidad puede estar dividida entre diferentes dispositivos lógicos 300, o puede estar duplicadas en dispositivos lógicos separados 300 para redundancia.

El número de dispositivos pirotécnicos 202 que puede estar unido a un solo controlador de bus 206 varía dependiendo del número de identificadores únicos disponible, la construcción del controlador de bus 206, las capacidades de potencia de la red de cables 204, la distancia que se extiende la red de cables 204, y el entorno en el que se ha de usar el sistema de munición electrónico en red 200. A modo de ejemplo y no de limitación, si el esquema de identificación es capaz de generar dieciséis identificadores únicos, no más de dieciséis dispositivos pirotécnicos 202 están conectados a un solo controlador de bus 206, de modo que el controlador de bus 206 puede direccionar de forma única cada uno de los dispositivos pirotécnicos 202 conectados a él.

En una realización preferida, cada dispositivo pirotécnico 202 incluye una jaula Faraday 306 para blindar el dispositivo lógico 300 y cualesquiera otros componentes electrónicos dentro de ella, así como el iniciador 304. Una jaula Faraday 306 es una envuelta conductora alrededor de un volumen que blindará dicho volumen contra los efectos de campos eléctricos externos y cargadores estáticos. La construcción y el uso de una jaula Faraday 306 son conocidos por los expertos en la técnica. Incluyendo una jaula Faraday 306 alrededor de al menos parte del dispositivo pirotécnico 202, se puede evitar el encendido inadvertido en un entorno de fuerte radiación electromagnética. Sin embargo, la jaula Faraday 306 se puede omitir en uno o más dispositivos pirotécnicos 202, en particular en aplicaciones donde el entorno de radiación electromagnética esperado es suave, o donde el dispositivo pirotécnico 202 está colocado en una estructura más grande blindada por una jaula Faraday u otro dispositivo de blindaje.

En una realización preferida, el sistema de munición electrónico en red 200 no requiere una fuente de potencia separada, sino que más bien comparte las mismas fuentes de potencia que los otros sistemas electrónicos en el vehículo o sistema. Típicamente, se dispone una batería de aviónica (no representada) para alimentar la aviónica dentro de un vehículo aeroespacial, y un sistema de munición electrónico en red 200 usado en tal vehículo aeroespacial toma preferiblemente potencia de dicha batería de aviónica. Dado que la energía de activación para cada dispositivo pirotécnico 202 está almacenada en el ERC 302, no se producen sobrecorrientes o éstas son mínimas en la red de cables 204 cuando se dispara un dispositivo pirotécnico. Así, el sistema de munición electrónico en red 200 puede operar sin necesidad de una batería separada y red de distribución de potencia.

Con referencia también a la figura 4, en el paso 400, en una realización preferida el controlador de bus 206 consulta periódicamente cada dispositivo pirotécnico 202 para determinar si el puente de disparo en cada dispositivo pirotécnico 202 está intacto. La frecuencia de tales consultas periódicas depende de la aplicación específica en la que se usa el sistema de munición electrónico en red 200. Por ejemplo, el con-

trolador de bus 206 puede consultar cada dispositivo pirotécnico 202 cada pocos milisegundos en una aplicación de misil donde el misil está de camino a un blanco, o cada hora en una aplicación de misil donde el misil está unido al ala de un avión. Preferiblemente, el controlador de bus 206 realiza esta consulta transmitiendo una orden de prueba de dispositivo a cada dispositivo pirotécnico 202. En una realización preferida, la señal de prueba de dispositivo consta de una orden de prueba y una trama de dirección. La trama de dirección es como se ha descrito anteriormente, y permite que una orden de prueba de dispositivo sea transmitida a uno o más dispositivos pirotécnicos específicos 202. Así, cada dispositivo lógico 300 al que se dirige la señal de prueba recibe la señal de prueba, reconoce la trama de dirección y la orden de prueba, y realiza la prueba solicitada. Después de realizar la prueba en un dispositivo pirotécnico 202, el dispositivo lógico 300 en dicho dispositivo pirotécnico 202 responde preferiblemente al controlador de bus 206 transmitiendo los resultados de prueba por la red 204. A su vez, el controlador de bus 206 puede referir entonces los resultados de prueba a un procesador central de control de vehículo (no representado) o puede registrar simplemente dichos datos internamente o visualizarlos de alguna manera para el operador o usuario del sistema de munición electrónico en red 200.

Preferiblemente, una prueba a realizar es una prueba de la integridad del elemento de disparo dentro de cada iniciador 304. El elemento de disparo es el puente, alambre, u otra estructura en contacto con el material pirotécnico en el conjunto pirotécnico 310. Determinar si el elemento de disparo está intacto en cada iniciador 304 es importante para verificar la continua operabilidad del sistema de munición electrónico en red 200. Además, determinando qué elemento o elementos de disparo específicos han fallado en un sistema pirotécnico, se facilita la reparación de los dispositivos pirotécnicos 202 que tiene iniciadores 304 con dichos elementos de disparo dañados. El controlador de bus 206 emite una señal de prueba a uno o más dispositivos pirotécnicos específicos 202, donde dicha señal de prueba ordena a cada dispositivo pirotécnico receptor 202 que pruebe la integridad del elemento de disparo. El dispositivo lógico 300 dentro de cada dispositivo pirotécnico al que se direcciona la señal de prueba, recibe la señal de prueba, reconoce la trama de dirección y orden de prueba, y prueba la integridad del elemento de disparo. En una realización preferida, la integridad del elemento de disparo se comprueba pasando a su través una corriente controlada muy pequeña. Después de realizar la prueba en un dispositivo pirotécnico 202, el dispositivo lógico 300 en dicho dispositivo pirotécnico 202 responde al controlador de bus 206 transmitiendo los resultados de prueba por la red 204. En una realización preferida, los posibles resultados de la prueba son resistencia demasiado alta, resistencia demasiado baja, y resistencia en rango. Si la resistencia es demasiado alta, el controlador de bus 206 infiere que el elemento de disparo está roto de modo que no circulará corriente fácilmente a su través, si es que circula. Si la resistencia es demasiado baja, el controlador de bus 206 infiere que el elemento de disparo está cortocircuitado. Si la resistencia está en rango, el controlador de bus 206 infiere que el elemento de disparo está intacto. A su vez, el controlador de bus 206 puede referir entonces los resultados de prueba a un procesador central de control

de vehículo (no representado) o puede registrar simplemente dichos datos internamente o visualizarlos de alguna manera para el operador o usuario del sistema de munición electrónico en red 200.

Otra función de prueba incorporada que realiza preferiblemente el controlador de bus 206 es la determinación del estado de la red 204. En una realización preferida, el estado de la red se determina enviando una señal por la red 204 a uno o más dispositivos pirotécnicos 202, que después envían la orden al controlador de bus 206 o transmiten una respuesta de nuevo al controlador de bus 206. Es decir, el controlador de bus 206 puede detonar uno o más de los dispositivos pirotécnicos 202. Si el controlador de bus 206 recibe la respuesta esperada dentro del tiempo esperado, se puede inferir que la red 204 es operativa y que se dan condiciones normales a través de la red 204. Si no se recibe tal respuesta, se puede inferir que el dispositivo pirotécnico 202 detonado no funciona adecuadamente o que existen condiciones anormales en la red 204. El controlador de bus 206 también puede detectar la corriente tomada por el bus, o voltaje de bus, para determinar si la integridad de bus se ha puesto en compromiso. Otros métodos de probar el estado de la red 204 son conocidos por los expertos en la técnica.

Cuando se desea armar uno o varios dispositivos pirotécnicos 202 para disparo posterior, el proceso pasa al paso 402, en el que el controlador de bus 206 recibe una señal de armado. En una realización preferida, la señal de armado viene de un procesador separado situado dentro del vehículo u otro dispositivo utilizando el sistema de munición electrónico en red 200. Por ejemplo, un procesador de control de vehículo dentro de un misil puede transmitir la señal de armado al controlador de bus 206. Sin embargo, el controlador de bus 206 puede generar la señal de armado, si se desea. El controlador de bus 206 puede hacerlo en respuesta a una señal recibida de fuera del controlador de bus 206 o puede generar esta señal en base a una entrada de un usuario tal como la detección de la pulsación de un botón. Tal esquema puede ser útil en situaciones donde la entrada por humano es deseable como un paso para asegurar la seguridad de la operación del sistema de munición electrónico en red 200. Por ejemplo, donde los dispositivos pirotécnicos 202 están situados dentro de un vehículo tripulado, tal como un avión o nave espacial, el uso de entrada manual por humano para iniciar el armado puede ser deseable para asegurar que el sistema no sea armado inadvertidamente por medios automáticos.

A continuación, en el paso 404, el controlador de bus 206 emite una orden de armado a uno o más dispositivos pirotécnicos 202. En una realización preferida, la señal de armado consta de una orden de armado y una trama de dirección. La trama de dirección es la descrita anteriormente, y permite que una orden de armado sea transmitida a uno o más dispositivos pirotécnicos específicos 202. Cada dispositivo lógico 300 al que se dirige la señal de armado, recibe la señal de armado, y reconoce la trama de dirección y la orden de armado. La orden de armado hace que cada dispositivo pirotécnico direccionado 202 cargue su ERC 302. El ERC 302 toma potencia de la red de cables 204 para cargar. Como se ha descrito anteriormente, la red de cables 204 lleva preferiblemente potencia eléctrica que tiene una corriente en el rango de miliamperios. En una realización preferida, el proceso de armado no es instantáneo debido a limitaciones de

corriente eléctrica por la red 204 y las propiedades físicas del ERC 302. Es decir, se tarda una cantidad finita de tiempo en que la red 204 transmita potencia y en que los condensadores de reserva de energía 302 se carguen utilizando dicha potencia. En una realización preferida, el ERC 302 tarda sustancialmente cinco milisegundos en cargarse completamente. Así, la orden de armado se emite preferiblemente con anterioridad a una orden de disparo para permitir que el ERC 302 de cada dispositivo pirotécnico seleccionado 202 se cargue adecuadamente. Después de ejecutar la orden de armado en un dispositivo pirotécnico 202, el dispositivo lógico 300 en cada dispositivo pirotécnico armado 202 responde preferiblemente al controlador de bus 206 transmitiendo su estado armado por la red 204. El controlador de bus 206 puede referir entonces a su vez el estado armado de los dispositivos pirotécnicos a un procesador central de control de vehículo (no representado) o puede simplemente registrar dichos datos internamente o visualizarlos de alguna manera para el operador o usuario del sistema de munición electrónico en red 200.

En el paso 406, después de que uno o más dispositivos pirotécnicos 202 han sido armados, es posible desarmar uno o varios dispositivos pirotécnicos armados 202. El desarme es deseable en situaciones donde ya no se dan las circunstancias que exigían el armado de los dispositivos pirotécnicos 202. La determinación de si desarmar o no uno o varios dispositivos pirotécnicos armados 202 puede proceder de una fuente fuera del controlador de bus 206, tal como una señal de un procesador externo o una entrada manual tal como la pulsación de un botón o el término de una clave por un operador humano. También es posible que la señal de desarme sea generada por el controlador de bus 206 propiamente dicho, que se puede construir para supervisar las circunstancias y determinar posteriormente si emitir una orden de desarme.

Si se desea desarmar uno o varios dispositivos pirotécnicos armados 202, el proceso pasa del paso 406 al paso 408. El controlador de bus 206 emite una orden de desarme de uno o varios dispositivos pirotécnicos 202. En una realización preferida, la señal de desarme consta de una orden de desarme y una trama de dirección. La trama de dirección es como la descrita anteriormente, y permite que una orden de armado sea transmitida a uno o más dispositivos pirotécnicos específicos 202. Cada dispositivo lógico 300 al que se dirige la señal de armado, recibe la señal de armado y reconoce la trama de dirección y la orden de desarme. La orden de desarme hace que cada dispositivo pirotécnico seleccionado 202 descargue su ERC 302. Una resistencia de fuga (no representada) está conectada preferiblemente a través de ERC 302, y el ERC 302 descarga su energía a dicha resistencia de fuga durante el proceso de desarme., si se desea, se puede usar un dispositivo de descarga conmutado distinto de una resistencia de fuga. El uso de una resistencia de fuga u otro dispositivo de descarga conmutado para disipar energía almacenada dentro de un condensador es bien conocido por los expertos en la técnica. Después de ejecutar la orden de desarme en un dispositivo pirotécnico 202, el dispositivo lógico 300 en cada dispositivo pirotécnico desarmado 202 responde preferiblemente al controlador de bus 206 transmitiendo su estado desarmado por la red 204. El controlador de bus 206 puede referir entonces a su vez el estado desarmado de los dispositivos pirotécnicos a un procesa-

dor central de control de vehículo (no representado) o puede registrar simplemente dichos datos internamente o visualizarlos de la misma manera para el operador o usuario del sistema de munición electrónico en red 200. El proceso termina entonces en el paso 410. El sistema de munición electrónico en red 200 es entonces capaz de ser rearmado en un tiempo posterior si así se desea. Si es así, el proceso comienza de nuevo en el paso 402 como se ha explicado anteriormente.

Si no se desea desarmar los dispositivos pirotécnicos armados 202 en el paso 406, el proceso pasa al paso 412. En una realización preferida, para un dispositivo pirotécnico armado para disparo, debe recibir una orden digital de disparo y detectar condiciones análogas apropiadas en la red de cables 204. Es decir, se deben cumplir condiciones de control de disparo tanto digitales como analógicas antes de que un dispositivo pirotécnico pueda ser disparado. Los datos y la potencia son transmitidos por la red de cables 204. En el paso 412, al transmitir o poco antes de transmitir una señal de disparo a uno o más dispositivos pirotécnicos armados 202, la condición analógica del bus es alterada a una condición de disparo. Preferiblemente, el controlador de bus 206 altera la condición analógica de la red de cables 204 a una condición de disparo. Sin embargo, se puede usar otros dispositivos conectados eléctricamente al sistema pirotécnico 200 para alterar la condición analógica de la red de cables 204 a una condición de disparo. La condición analógica de la red de cables 204 es preferiblemente una característica de la potencia eléctrica transmitida a través de dicha red de cables 204. A modo de ejemplo y no de limitación, la condición analógica de la red de cables 204 puede ser el nivel de voltaje en la red de cables 204, la profundidad de modulación, o la frecuencia. Sin embargo, se puede utilizar otras condiciones analógicas, si se desea. Preferiblemente, la interface bus 312 detecta la condición analógica de la red de cables 312.

El controlador de bus 206 emite entonces una señal de disparo a uno o varios dispositivos pirotécnicos armados 202. La señal de disparo puede ser enviada cierto tiempo después de la orden de armado, porque la orden de armado pone a uno o varios dispositivos pirotécnicos 202 en un estado de disposición para disparar. Como medida de seguridad, los dispositivos pirotécnicos 202 no se arman preferiblemente hasta antes del tiempo en que han de ser disparados. Sin embargo, dependiendo de la aplicación en la que se usan los dispositivos pirotécnicos, los dispositivos pirotécnicos 202 pueden permanecer armados indefinidamente si así se precisa. En una realización preferida, la señal de disparo consta de una orden de disparo y una trama de dirección. La trama de dirección es como la descrita anteriormente, y permite que una orden de disparo sea transmitida a uno o más dispositivos pirotécnicos específicos armados 202.

En el paso 414, cada dispositivo lógico 300 al que se dirige la señal de disparo, recibe la señal de disparo y reconoce la trama de dirección y la orden de disparo. Cuando un dispositivo lógico particular 300

recibe la señal de disparo, comunica con la interface bus 312 para determinar si la interface bus 312 detecta la condición analógica correspondiente a la orden de disparo. Siendo preciso que el dispositivo pirotécnico 202 detecte una señal digital de disparo y una condición analógica de bus correspondiente antes de disparar el iniciador 304, se mejora la seguridad. Por ejemplo, si el dispositivo lógico 300 lee erróneamente una señal digital de disparo cuando el dispositivo pirotécnico 202 no está armado, no puede disparar el iniciador 304, porque la condición analógica de bus no corresponderá a la condición requerida para disparar.

Si la interface bus 312 detecta la condición analógica correspondiente a la orden de disparo, preferiblemente el dispositivo lógico 300 opera entonces el iniciador 304. El dispositivo lógico 300 cierra un circuito entre el ERC 302 y el iniciador 304. El ERC 302 libera entonces su carga al iniciador 304, disparando el iniciador 304 como se pidió. En una realización preferida, el dispositivo lógico 300 se destruye o daña cuando se dispara el iniciador 304. Sin embargo, el dispositivo lógico 300 puede estar suficientemente lejos del iniciador 304 de modo que el dispositivo lógico 300 pueda transmitir una señal confirmando al controlador de bus 206 el estado disparado de dicho dispositivo pirotécnico 202 después del disparo.

En una realización preferida, las señales que avanzan a lo largo de la red de cables 204 son multiplexadas para permitir que varias señales diferentes recorran el mismo cable al mismo tiempo. Multiplexar dos o más señales electrónicas en un solo cable para reducir el número de cables requerido para transmisión de señales es conocido por los expertos en la técnica. El controlador de bus 206 multiplexa señales transmitidas desde el controlador de bus 206 a los dispositivos pirotécnicos 202, y demultiplexa señales recibidas en el controlador de bus 206 de los dispositivos pirotécnicos 202. Cada dispositivo pirotécnico 202 transmite preferiblemente señales al controlador de bus 206 a una frecuencia separada o con otra propiedad separada de modo que las señales puedan recorrer con juntamente la red de cables 204 hasta el controlador de bus 206. La transmisión de señales de un dispositivo pirotécnico 202 es controlada preferiblemente por el dispositivo lógico 300 dentro de dicho dispositivo pirotécnico. Sin embargo, si se desea, las señales transmitidas a o del controlador de bus 206, o ambos, no son multiplexadas, y en cambio se transmiten de otra manera que evita la interferencia entre diferentes señales en la red de cables.

Se ha descrito así un sistema de munición electrónico en red preferido y muchas de sus ventajas concomitantes. Será evidente, sin embargo, que se puede hacer varios cambios en la forma, la construcción y la disposición de las partes sin apartarse del alcance de la invención, siendo la forma antes descrita simplemente una realización preferida o ejemplar. Por lo tanto, la invención no se ha de restringir o limitar excepto según las reivindicaciones siguientes.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de munición electrónico en red, incluyendo

una pluralidad de dispositivos pirotécnicos conectados por una red, incluyendo cada dispositivo pirotécnico indicado un dispositivo lógico que tiene un identificador único; y

un controlador de bus conectado a dicha pluralidad de dispositivos pirotécnicos a través de dicha red,

caracterizado porque dicho controlador de bus es operativo para direccionar selectivamente, con una sola orden incluyendo una orden de armado, disparo, y disparo de prueba, uno o más de dichos dispositivos pirotécnicos usando dichos identificadores únicos, por lo que una sola orden puede ser usada para direccionar un uno solo, todos y cualquier combinación de los dispositivos pirotécnicos que están conectados a la red.

2. El sistema de munición electrónico en red de la reivindicación 1, donde dicho controlador de bus transmite y recibe señales digitales multiplexadas por dicha red.

3. El sistema de munición electrónico en red de la reivindicación 1, donde al menos uno de dichos dispositivos pirotécnicos incluye además un condensador de reserva de energía conectado eléctricamente a dicho dispositivo lógico.

4. El sistema de munición electrónico en red de la reivindicación 3, incluyendo además una resistencia de fuga conectada eléctricamente a dicho condensador de reserva de energía.

5. El sistema de munición electrónico en red de la reivindicación 1, donde cada dispositivo pirotécnico incluye además un iniciador incluyendo

un conjunto pirotécnico, y

un conjunto electrónico adyacente conectado eléctricamente a dicho dispositivo lógico.

6. El sistema de munición electrónico en red de la reivindicación 5, donde dicho conjunto electrónico incluye un condensador de reserva de energía.

7. El sistema de munición electrónico en red de la reivindicación 6, incluyendo además una resistencia de fuga conectada eléctricamente a dicho condensador de reserva de energía.

8. El sistema de munición electrónico en red de la reivindicación 1, donde cada dispositivo pirotécnico incluye una interface bus conectada eléctricamente a dicho dispositivo lógico.

9. El sistema de munición electrónico en red de la reivindicación 1, donde dicha red es en serie.

10. El sistema de munición electrónico en red de la reivindicación 1, donde dicha red es en paralelo.

11. El sistema de munición electrónico en red de la reivindicación 1, donde dicha red incluye al menos un cable de par trenzado blindado.

12. Un método para operar un dispositivo pirotécnico conectado a un controlador de bus a través de una red, teniendo el dispositivo pirotécnico un dispositivo lógico asociado con un identificador único, una interface bus, y un iniciador, incluyendo:

(a) transmitir una orden digital de armado del controlador de bus al dispositivo pirotécnico, usando dicha orden digital de armado el identificador único del dispositivo lógico asociado con el dispositivo pirotécnico;

(b) alterar la condición analógica de la red a una condición de disparo; y

(c) transmitir una orden digital de disparo que tiene una trama de dirección desde el controlador de bus al dispositivo pirotécnico armado.

13. El método de la reivindicación 12, donde dicha trama de dirección incluye el identificador único del dispositivo lógico asociado con el dispositivo pirotécnico.

14. El método de la reivindicación 12, donde dicha trama de dirección incluye un indicador de fuego total.

15. El método de la reivindicación 12, donde dicho paso de armado incluye además almacenar energía de activación en el dispositivo pirotécnico en respuesta a dicha orden digital de armado.

16. El método de la reivindicación 15, donde dicho paso de disparo incluye además liberar dicha energía de activación al iniciador en respuesta a dicha orden digital de disparo.

17. El método de la reivindicación 12, incluyendo además:

transmitir una orden digital de desarme del controlador de bus al dispositivo pirotécnico armado, usando dicha orden digital de desarme el identificador único del dispositivo lógico asociado con el dispositivo pirotécnico; y

disipar dicha energía de activación almacenada en el dispositivo pirotécnico armado en respuesta a dicha orden digital de desarme.

18. El método de la reivindicación 12, incluyendo además:

transmitir una orden digital de prueba del controlador de bus al dispositivo pirotécnico, usando dicha orden digital de prueba el identificador único del dispositivo lógico asociado con el dispositivo pirotécnico, y

recibir una respuesta a dicha orden digital de prueba del dispositivo pirotécnico.

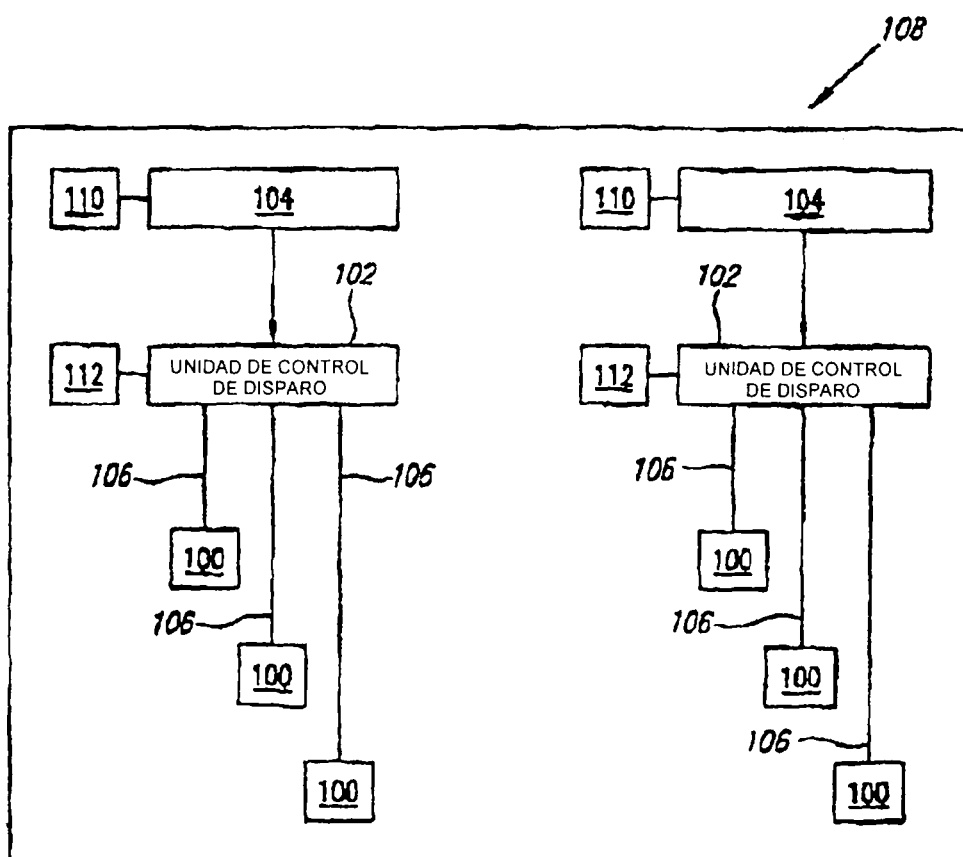


FIG. 1

(TÉCNICA ANTERIOR)

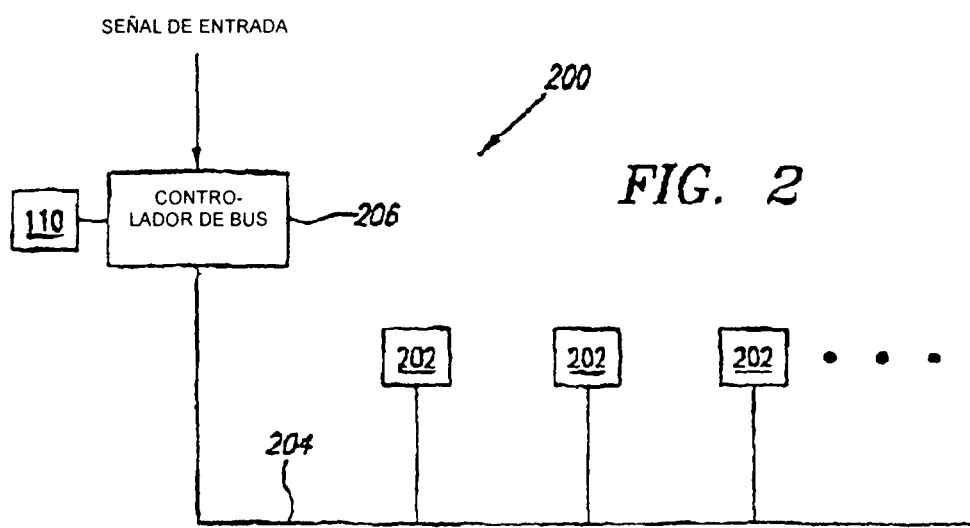


FIG. 2

